



TUGAS AKHIR - TL 141584

**PENGARUH KECEPATAN ALIRAN DAN KONSENTRASI
INHIBITOR OBAT PARASETAMOL TERHADAP
PROTEKSI KOROSI BAJA KARBON API 5L GRADE B
PADA LINGKUNGAN ASAM pH 5**

Reigina Zhazha Anastacia
NRP. 2711 100 136

Dosen Pembimbing
Budi Agung Kurniawan, ST., M.Sc.

**JURUSAN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2015**

(halaman sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT - TL 141584

**EFFECTS OF THE FLUID FLOW AND PARACETAMOL
CORROSION INHIBITOR ON THE CORROSION
PROTECTION OF CARBON STEEL API 5L GRADE B IN
ACIDIC ENVIRONMENT WITH pH 5**

Reigina Zhazha Anastacia
NRP. 2711 100 136

Advisor
Budi Agung Kurniawan, ST., M.Sc.

**Departement of Material and Metallurgical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2015**

(halaman sengaja dikosongkan)

**PENGARUH KECEPATAN ALIRAN DAN KONSENTRASI
INHIBITOR OBAT PARASETAMOL TERHADAP
PROTEKSI KOROSI BAJA KARBON API 5L GRADE B
PADA LINGKUNGAN ASAM pH 5**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Material dan Metalurgi pada
Bidang Korosi dan Kegagalan Material
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Reigina Zhazha Anastacia

NRP. 2711 100 136

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Budi Agung Kurniawan, S.T., M.Sc. Pembimbing



**Surabaya
Januari 2015**

(halaman sengaja dikosongkan)

**PENGARUH KECEPATAN ALIRAN DAN KONSENTRASI
INHIBITOR OBAT PARASETAMOL TERHADAP
PROTEKSI KOROSI BAJA KARBON API 5L GRADE B
PADA LINGKUNGAN ASAM pH 5**

Nama : Reigina Zhazha Anastacia
NRP : 2711 100 136
Jurusan : Teknik Material dan Metalurgi, ITS
Dosen Pembimbing : Budi Agung Kurniawan, S.T., M.Sc.

Abstrak

Korosi merupakan salah satu masalah utama penyebab terjadinya kerusakan pada peralatan industri. Beberapa faktor dapat menjadi penyebab korosi, yaitu adanya aliran. Salah satu cara untuk mengendalikan korosi adalah dengan menambahkan suatu zat kimia dalam jumlah sedikit ke dalam suatu lingkungan atau biasa disebut inhibitor. Pada penelitian ini digunakan obat parasetamol (N-acetyl-4-aminophenol) yang mengandung senyawa phenol sebagai inhibitor terhadap proteksi korosi baja API 5L grade B di media lingkungan asam pH 5 dengan adanya pengaruh aliran dan konsentrasi inhibitor. Digunakan kecepatan aliran 0 rpm, 200 rpm, dan 400 rpm serta konsentrasi inhibitor 0 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm, dan 250 ppm. Untuk mengetahui pengaruh dan mekanisme inhibitor obat parasetamol dilakukan melalui pengujian weight loss, polarisasi tafel, pengujian elektrokimia impedansi dan perhitungan adsorpsi isothermal Langmuir. Hasil yang didapatkan inhibitor obat parasetamol mampu bekerja pada kecepatan aliran sampai dengan 400 rpm dibuktikan dengan efisiensi inhibitor yang diperoleh sebesar 91.9 % pada kondisi kecepatan aliran 400 rpm dan konsentrasi inhibitor 250 ppm. Mekanisme inhibisi obat parasetamol cenderung bersifat fisisorpsi berdasarkan hasil perhitungan adsorpsi isotherm Langmuir sebesar -7.7 kJ/mol .

Kata kunci : Parasetamol; Aliran; API 5L grade B; Adsorpsi Isotherm

(halaman sengaja dikosongkan)

**EFFECTS OF THE FLUID FLOW AND PARASETAMOL
CORROSION INHIBITOR ON THE CORROSION
PROTECTION OF CARBON STEEL API 5L GRADE B IN
ACIDIC ENVIRONMENT WITH pH 5**

Name : Reigina Zhazha Anastacia
NRP : 2711 100 136
Department : Materials and Metallurgical Engineering,ITS
Advisor : Budi Agung Kurniawan, S.T., M.Sc.

Abstract

Corrosion is one of the main problems which causes defect in industrial equipment. A few factors could initiate the occurrence of corrosion, some of them are the presence of flow. One methods to control corrosion is to add some chemical substances into the environment, commonly known as inhibitor. In this study, paracetamol (N-acetyl-4aminophenol) which contains phenol compound was used as an inhibitor for corrosion protection of API 5L grade B steel with various flow conditions and inhibitor concentrations in acidic environment of pH 5. A flow rate of 0 rpm, 200 rpm, and 400 rpm and various inhibitor concentration of 0 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm, and 250 ppm were used in this research. To determine the effect and mechanism of paracetamol inhibition, weight loss test, tafel test, polarization test and Langmuir isotherm adsorption calculation were conducted. The result obtained was that the paracetamol inhibitor could work in a flow proven by the efficiency of the inhibitor obtained at 91.96% in 400 rpm flow rate condition and 250 ppm inhibitor concentration. Inhibition mechanism of the paracetamol tended to be physisorption in accordance to Langmuir adsorption isotherm calculation at -7.7 kJ/mol.

***Keywords: Paracetamol; Fluid Flow; API 5L grade B;
Adsorption Isotherm***

(halaman sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmat sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul

“PENGARUH KECEPATAN ALIRAN DAN KONSENTRASI INHIBITOR OBAT PARASETAMOL TERHADAP PROTEKSI KOROSI BAJA KARBON API 5L GRADE B PADA LINGKUNGAN ASAM pH 5”

Penulis menyadari bahwa selama proses penyusunan tugas akhir ini telah melibatkan banyak pihak yang sangat membantu. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Tuhan Yesus, yang selalu membimbing dan menuntun dalam segala hal didalam hidup. Terimakasih Tuhan.
2. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak Albertus Tohari, Ibu Tri Elly Agustin Markani, dan adik penulis Vincentius Kevin F., serta keluarga besar yang telah memberikan dukungan moral dan materiil kepada penulis.
3. Bapak Budi Agung Kurniawan, ST., M.Sc selaku dosen pembimbing tugas akhir penulis yang selalu memberikan bimbingan dan ilmunya.
4. Dr. Sungging Pintowantoro, ST., MT selaku Ketua Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS yang memberikan bimbingan dan arahan selama kuliah di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi
5. Bapak sebagai dosen penguji dalam siding tugas akhir yang telah memberi banyak arahan dan saran
6. Dosen dan karyawan yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan perkuliahan di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi
7. Teman – teman seperjuangan pembimbingan, Andi Ard Maidhah, Retno Damastuti, Dewanti, Aulia Fajrin, dan Adianto Hibatullah yang menemani penulis serta selalu

saling membantu dan menguatkan selama pembimbingan Tugas Akhir.

8. Keluarga Besar MT 13 dan Girls Generation 13 yang tercinta, yang selalu memberikan kebahagiaan selama penulis berada di kampus. Jurusan Teknik Material dan Metalurgi
9. Iar Fams, yang selalu ada untuk penulis dalam keadaan suka dan duka. Menemani penulis dan menjadi sahabat terbaik.
10. Seluruh anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS yang memberikan banyak pengalaman selama penulis berada di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan dimasa datang. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi semua.

Surabaya, Januari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Hasil Penelitian	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Korosi	5
2.2 Perhitungan Laju Korosi	6
2.2.1 Metode <i>Weight Loss</i>	6
2.2.2 Metode Polarisasi Potensiodinamik	7
2.3 Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Laju Korosi ...	8
2.3.1 Efek Oksigen dan Pengoksidasi	8
2.3.2 Efek Aliran.....	9
2.3.3 Efek Temperatur	11
2.3.4 Efek Konsentrasi Korosif.....	11
2.4 Pengendalian Korosi dengan Menggunakan Inhibitor ...	12
2.5 Antioksidan dan Obat Parasetamol	17
2.6 Mekanisme Inhibisi Obat Parasetamol	19
2.7 Perhitungan Adsorpsi Isothermal	22
2.8 Hasil Penelitian Sebelumnya.....	23

BAB III METODOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir	27
3.2 Metode Penelitian.....	28
3.3 Alat Penelitian	28
3.4 Bahan Penelitian.....	29

3.5 Prosedur Penelitian	29
3.5.1 Preparasi Baja.....	30
3.5.2 Preparasi Inhibitor	31
3.5.3 Pengujian <i>Weight Loss</i>	31
3.5.4 Pengujian <i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i>	33
3.5.5 Pengujian Polarisasi Tafel	34
3.5.6 Pengujian <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i> (EIS)	35
3.6 Rancangan Tabel Pengambilan Data Penelitian	37

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil Penelitian	41
4.1.1 Hasil Pengujian <i>Weight Loss</i>	41
4.1.2 Hasil PengujianTafel	47
4.1.3 Hasil Pengujian EIS.....	48
4.1.4 Perhitungan Adsorpsi Isothermal	50
4.1.5 Hasil Pengamatan Secara Visual	51
4.1.6 Hasil Pengujian FTIR	52
4.2 Pembahasan	56

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran	59

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pengaruh konsentrasi agen pengoksidasi pada logam aktif – pasif.....	8
Gambar 2.2	Efek Pengoksidasi dan Aerasi terhadap Laju Korosi.....	8
Gambar 2.3	Efek dari Aliran terhadap Laju Korosi.....	9
Gambar 2.4	Efek Temperatur terhadap Laju Korosi.....	11
Gambar 2.5	Efek Konsentrasi Korosif terhadap Laju Korosi.....	11
Gambar 2.6	Struktur Senyawa Phenols.....	15
Gambar 2.7	Struktur Parasetamol	17
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 3.2	Spesimen Baja API 5L grade B (a) Pengujian Weight Loss (b) Pengujian EIS (c) Pengujian Tafel	30
Gambar 3.3	Obat Parasetamol	31
Gambar 3.4	Alat Pengujian <i>Weight Loss</i>	33
Gambar 3.5	Alat Pengujian FTIR	34
Gambar 3.6	Pengujian Polarisasi Tafel	34
Gambar 4.1	Grafik Pengaruh Penambahan Konsentrasi Inhibitor dan Kecepatan Aliran terhadap Efisiensi Inhibitor pada Baja API 5L Grade B selama 10 hari	41
Gambar 4.2	Grafik Pengaruh Penambahan Konsentrasi Inhibitor dan Kecepatan Aliran terhadap Efisiensi Inhibitor pada Baja API 5L Grade B selama 20 hari	42
Gambar 4.3	Grafik Pengaruh Penambahan Konsentrasi Inhibitor dan Kecepatan Aliran terhadap Efisiensi Inhibitor pada Baja API 5L Grade B selama 30 hari.	43
Gambar 4.4	Kurva Pengaruh Penambahan Konsentrasi Inhibitor terhadap Efisiensi Inhibitor pada Baja API 5L grade B dengan Kecepatan Aliran 0 rpm	44

Gambar 4.5	Kurva Pengaruh Penambahan Konsentrasi Inhibitor terhadap Efisiensi Inhibitor pada Baja API 5L grade B dengan Kecepatan Aliran 200 rpm.	45
Gambar 4.6	Kurva Pengaruh Penambahan Konsentrasi Inhibitor terhadap Efisiensi Inhibitor pada Baja API 5L grade B dengan Kecepatan Aliran 400 rpm.	46
Gambar 4.7	Perbandingan Kurva Tafel antara Parasetamol 0 ppm dan 250 ppm	47
Gambar 4.8	Kurva Nyquist untuk sampel dengan konsentrasi inhibitor obat parasetamol 0 ppm dan 250 ppm	48
Gambar 4.9	Model Rangkaian Sirkuit Ekvivalen untuk Sampel dengan Kecepatan Aliran 400 rpm di Lingkungan Asam pH 5 (a) Parasetamol 0 ppm (b) Parasetamol 250 ppm.....	49
Gambar 4.10	Permukaan Spesimen Baja API 5L grade B	51
Gambar 4.11	Hasil Spektrum FTIR dari Parasetamol.....	52
Gambar 4.12	Hasil FTIR dari Spesimen Baja API 5L grade B setelah penambahan konsentrasi inhibitor 250 ppm.....	54

DAFTAR TABEL

Table 2.1 . Standart Nilai Laju Korosi	6
Tabel 3.1 Komposisi Kimia API 5L Grade B	29
Tabel 3.2 Uji Korosi dengan Metode Tafel.....	35
Tabel 3.3 Tabel Pengujian <i>Weight Loss</i>	37
Tabel 3.4 Tabel Pengujian EIS	39
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Pengujian EIS	49
Tabel 4.2 Hasil FTIR Obat Parasetamol.....	53
Tabel 4.3 Hasil FTIR Baja API 5L grade B dengan penambahan konsentrasi inhibitor sebesar 250 ppm.....	55
Tabel 4.4 Perbandingan Hasil FTIR pada Inhibitor Obat Parasetamol Sanmol dan Spesimen Baja API 5L Grade B dengan penambahan konsentrasi inhibitor 250 ppm.....	56

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Korosi merupakan salah satu permasalahan terbesar yang terjadi di dunia industri minyak dan gas, terutama di peralatan dan perpipaan. Berbagai faktor dapat menjadi penyebab terjadi korosi. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi korosi adalah aliran fluida di dalam pipa. Pipa memiliki peran penting di dalam perpindahan gas dan aliran. Akibat dari korosi bervariasi dan efek terhadap keamanan serta efisiensi pipa dan peralatan operasi menjadi masalah serius di lingkungan korosif.

Korosi tidak dapat dihindari atau dihilangkan, namun dapat dikendalikan dengan menambahkan senyawa proteksi korosi. Pengendalian korosi biasanya digunakan sebagai perbaikan sementara untuk memberikan proteksi korosi yang efektif pada sebagian logam. Senyawa proteksi korosi ini berupa larutan atau inhibitor dimana evaporasi dari larutan atau inhibitor tersebut menyebabkan adanya lapisan tipis untuk melindungi logam.

Inhibitor korosi disebut sebagai suatu zat yang apabila ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam lingkungan akan menurunkan serangan korosi terhadap struktur baja. Salah satu alternatif adalah obat parasetamol. Obat parasetamol umumnya digunakan untuk mengobati nyeri kepala, nyeri ringan hingga sedang, dan nyeri paska melahirkan dan keadaan – keadaan lain. Banyaknya fungsi dari obat parasetamol membuat keberadaan obat ini mudah ditemukan dipasaran. Pada obat parasetamol ini terdapat senyawa *acetaminophen* yang merupakan senyawa antioksidan, pada senyawa ini terdapat gugus *phenol*. Senyawa *acetaminophen* ini termasuk jenis antioksidan karena



dapat menghambat reaksi berantai yang disebabkan oleh radikal bebas.

Berdasarkan hal itu, dalam penelitian kali ini, peneliti akan memanfaatkan senyawa antioksidan yang terkandung didalam obat parasetamol (*acetaminophen*) sebagai zat inhibitor korosi yang diaplikasikan pada baja API 5 L Grade B dengan kecepatan aliran pada kondisi lingkungan asam pH 5.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh kecepatan aliran dan konsentrasi inhibitor obat parasetamol terhadap perilaku korosi baja API 5L grade B di lingkungan asam pH 5 ?
2. Bagaimana mekanisme inhibisi obat parasetamol terhadap perilaku korosi baja API 5L Grade B dengan kecepatan aliran dan konsentrasi inhibitor di lingkungan asam pH 5 ?

1.3 Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup penelitian, ditetapkan batasan-batasan dari penelitian yang dilakukan antara lain :

1. Komposisi lain yang terkandung dalam obat parasetamol dianggap tidak mempengaruhi kinerja inhibitor.
2. Material baja API 5L Grade B dianggap homogen dan bebas cacat.
3. Kehalusan dari permukaan tiap – tiap specimen dianggap homogen.
4. Tidak ada perubahan yang terjadi pada kecepatan aliran dan pH.



1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian adalah sebagai berikut :

1. Menganalisa pengaruh kecepatan aliran dan konsentrasi inhibitor obat parasetamol terhadap perilaku korosi baja API 5L grade B di lingkungan asam pH 5.
2. Menganalisa mekanisme inhibisi obat parasetamol terhadap perilaku korosi baja API 5L Grade B dengan kecepatan aliran dan konsentrasi inhibitor di lingkungan asam pH 5.

1.5 Hasil Penelitian

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Mempelajari korosi oleh adanya variasi kecepatan aliran seperti yang biasa terjadi pada pipa *oil* dan *gas*.
2. Dapat dijadikan referensi mengenai penggunaan inhibitor obat parasetamol terhadap laju korosi dengan variasi kecepatan aliran pada pipa

Hasil penelitian dapat dijadikan informasi yang saling melengkapi dan komprehensif dengan hasil penelitian – penelitian sebelumnya tentang penggunaan inhibitor obat parasetamol



(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Korosi

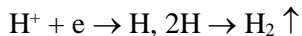
Korosi dapat didefinisikan sebagai kerusakan suatu material karena reaksi dengan lingkungannya (Fontana, 1984). Korosi juga dapat didefinisikan sebagai kerusakan logam oleh reaksi kimia atau elektrokimia dengan lingkungannya (Winston R., 2007). Korosi suatu material logam dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

1. Korosi basah (*wet corrosion*) terjadi ketika adanya *liquid*. Korosi ini biasanya melibatkan larutan cair atau elektrolit. Contohnya adalah korosi baja oleh adanya air.
2. Korosi kering (*dry corrosion*), terjadi saat tidak adanya *liquid* atau uap air pada lingkungan. Uap dan gas adalah pengkorosinya. Kebanyaknya terjadi di temperatur tinggi, contohnya korosi baja karena gas pembakaran (Fontana, 1984)

Untuk terjadi suatu korosi, pembentukan sel korosi menjadi hal penting. Pada dasarnya ada 4 komponen dalam sel korosi :

(1) Anoda

Bertindak sebagai sel negatif. Elektron terlepas dari anoda yang lebih reaktif terhadap logam. Elektron tidak terlarut dalam larutan dan elektron hanya berpindah melewati koneksi kawat ke katoda.



(2) Katoda

Bertindak sebagai sel positif. Reduksi terjadi pada katoda dan katoda mengkonsumsi elektron.

(3) Elektrolit

Merupakan larutan elektrik konduktif yang harus ada untuk korosi terjadi. Elektron positif



mengalir dari anoda ke katoda melewati elektrolite sebagai kation.

(4) Kontak Metalik

Dua elektroda terhubung oleh adanya konduktor logam. Arus mengalir dari (+) ke (-) dimana elektron mengalir dari (-) ke (+). Logam menyediakan jalan bagi aliran arus dan elektron. (Ahmad Z., 2006)

2.2 Perhitungan Laju Korosi

2.2.1 Metode *Weight Loss*

Laju korosi dapat ditentukan dalam berbagai cara, seperti persentase *weight loss*, *milligram per square centimeter per day*, dan *grams per square inch per hour*. Satuan *mils per year* adalah cara yang paling diperlukan untuk menghitung laju korosi. Cara ini dikalkulasikan dari pengurangan berat spesimen logam pada saat pengujian korosi dengan formula dibawah ini :

$$mpy = \frac{534W}{DAT} \quad (2.1)$$

dimana W = pengurangan berat spesimen logam (gram)

D = densitas spesimen (gram/cm³)

A = luas permukaan spesimen (cm²)

T = waktu (jam)

Terdapat standart nilai untuk laju korosi menurut Fontana (1984) seperti yang ditunjukkan oleh tabel dibawah ini :

Tabel 2.1. Standart Nilai Laju Korosi

<i>Relative Corrosion Resistance</i>	<i>Approximate Metric Equivalent mpy</i>	<i>mm/year</i>
Outstanding	< 1	< 0.02
Excellent	1 – 5	0.02 – 0.1
Good	5 – 20	0.1 – 0.5
Fair	20 – 50	0.5 – 1
Poor	50 – 200	1 – 5
Unacceptable	200 +	5 +



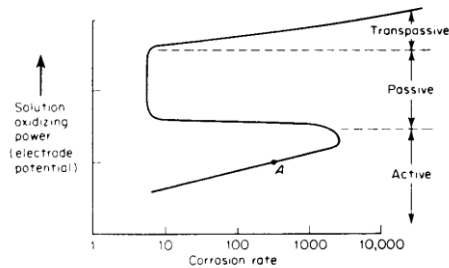
Tabel 2.1 menunjukkan keadaan suatu material logam dengan nilai laju korosi sesuai dengan klasifikasinya. Dari standart nilai laju korosi tersebut suatu material bisa dikatakan masih dalam keadaan bagus atau sudah tidak diterima lagi karena nilai laju korosinya yang terlalu tinggi.

2.2.2 Metode Polarisasi Potensiodynamik

Polarisasi diartikan sebagai pergeseran potensial dari nilai kesetimbangannya. Ketika suatu logam tidak berada dalam kesetimbangan dengan larutan yang mengandung ion – ionnya, potensial elektrodanya berbeda dari potensial korosi bebas dan selisih antara keduanya biasa disebut polarisasi. (Trethewey K., 1991)

Salah satu teknik untuk menentukan perilaku korosi logam berdasarkan hubungan potensial dan arus anodik atau katodik adalah metode polarisasi potensiodynamik. Jika anoda dan katoda yang ada dalam suatu elektrolit terhubung singkat, maka reaksi – reaksi anodik dan katodik akan berlangsung secara serempak, disebabkan terbentuknya sistem mikrosel elektrokimia. Korosi logam terjadi jika terdapat arus anodik yang besarnya sama dengan arus katodik, walaupun tidak ada arus yang diberikan dari luar sistem. Hal ini disebabkan karena adanya beda potensial antara logam dan larutan elektrolit sebagai lingkungannya. (Trethewey K., 1991)

Perbedaan potensial antara katoda dan anoda sangat penting untuk menggambarkan terjadinya korosi. Tetapi hal ini belum dapat menggambarkan laju korosi sebenarnya. Laju korosi yang terjadi juga dinyatakan tergantung pada kerapatan arus yang timbul (*current density*). Semakin tinggi kerapatan arus yang timbul maka korosi semakin hebat dan sebaliknya. Karena fenomena tersebut korosi dapat disimpulkan dengan pemakaian kurva tegangan fungsi arus yang selanjutnya disebut kurva polarisasi. (Trethewey K., 1991)



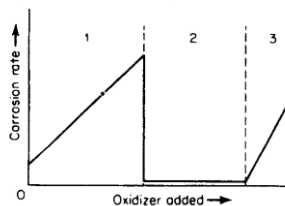
Gambar 2. 1 Pengaruh konsentrasi agen pengoksidasi pada logam aktif – pasif

Gambar 2.1 menggambarkan tipe perilaku logam yang menunjukkan efek pasivasi. Perilaku logam atau paduan ini dapat digolongkan menjadi tiga kategori ; aktif, pasif, transpasif. Pada daerah aktif, perilaku material identik normal. Kurva energi oksidasi meningkat seiring dengan tingginya laju korosi. Jika energi oksidasi ditambahkan, maka laju korosi akan turun dan ini adalah titik dimulainya daerah pasif. Bila energi oksidasi ditambahkan sedikit lagi maka korosi akan meningkat. Daerah ini disebut daerah transpasif.

2.3 Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Laju Korosi

Pada umumnya di industry proses, sangat dimungkinkan untuk merubah variabel proses. Dibawah ini akan dijelaskan beberapa faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi laju korosi :

2.3.1 Efek Oksigen dan Pengoksidasi

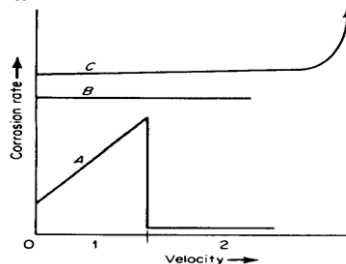


Gambar 2. 2 Efek Pengoksidasi dan Aerasi terhadap Laju Korosi



Gambar 2.2 menunjukkan efek dari adanya pengoksidasi atau adanya oksigen terhadap laju korosi bergantung pada kedua media dan logam yang terlibat. Laju korosi dapat meningkat dengan penambahan pengoksidasi, pengoksidasi mungkin tidak memiliki efek terhadap laju korosi.

2.3.2 Efek Aliran



Gambar 2. 3 Efek dari Aliran terhadap Laju Korosi

Gambar 2.3 menunjukkan tipe observasi dimana agitasi atau kecepatan larutan meningkat. Untuk proses korosi yang dikontrol oleh polarisasi aktivasi, agitasi dan kecepatan aliran tidak memiliki efek seperti yang ditunjukkan oleh kurva B. Jika korosi terjadi pada control difusi katodik, agitasi akan meningkatkan laju korosi seperti yang digambarkan oleh kurva A. Beberapa logam memiliki proteksi korosi di media tertentu terhadap pembentukan film protektif di permukaan logam. Film ini dapat dilihat dan sangat rentan. Saat kecepatan alirannya tinggi, kerusakan film dapat terjadi. (Fontana, 1984)

Efek dari kecepatan aliran yang paling penting adalah aliran mungkin dapat mengganggu dan atau mempengaruhi ketebalan dan efisiensi proteksi film inhibitor. Keadaan hidrodinamik dari kecepatan aliran dapat mempengaruhi efisiensi inhibitor dengan memperlambat laju pembentukan film inhibitor atau merusak film inhibitor yang telah terbentuk. Transport massa meningkatkan korosi dengan mengerosi film inhibitor. (Parook, 2014)



Ada beberapa pola aliran fluida, yaitu:

- Aliran Laminar
Dimana aliran fluida yang bergerak dalam pipa mengalir secara lambat di lapisan dalam pipa, tanpa bercampur diantara lapisan. Kecepatan alirannya rendah dan fluida sangat kental.
- Aliran Turbulen
Dimana aliran fluida yang bergerak dalam pipa mengalir secara cepat dan tak beraturan di dalam pipa. Ada kecenderungan untuk bercampur dan kecepatan alirannya tinggi.

Adanya aliran yang lebih rendah dapat menyebabkan korosi. Aliran fluida yang rendah akan membentuk daerah yang cenderung mengikat air pada kondisi kecepatan aliran yang rendah, dan sebagai hasilnya daerah yang kelebihan air ini akan menjadi daerah terkorosi (Yawas, 2013).

Transisi dari aliran laminar ke turbulen biasanya dikarakterisasi menggunakan persamaan Reynold Number (R_E) untuk mengkuantitaskan rasio antara gaya *inertial* dan *viscous forces* dari larutan. Untuk *rotating cylinder electrode* dengan *outer diameter* d_{cyl} (cm), dan radius $r_{cyl} = d_{cyl} / 2$, persamaan Reynold Number :

$$R_E = \frac{U_{cyl} d_{cyl} \rho}{\mu} \quad (2.2)$$

Dimana ρ = densitas larutan (g cm^{-3})
 μ = viskositas larutan absolut ($\text{g cm}^{-1} \text{s}^{-1}$)
 U_{cyl} = kecepatan linier (cm s^{-1})

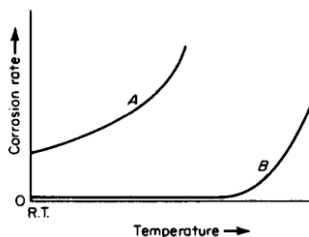
Biasanya, untuk *rotating cylinder*, dimana Reynolds Number lebih besar dari 200, maka



alirannya adalah aliran turbulenta. Mengenai keterkaitannya dengan proses korosi, biasanya berhubungan dengan seberapa cepat oksigen bisa diangkut dari larutan ke permukaan logam. (Pine, 2006)

Laju korosi menurun dengan adanya peningkatan kecepatan aliran dan meningkatkan pasivasi oleh adanya penambahan suplai oksigen. (Musa, 2011)

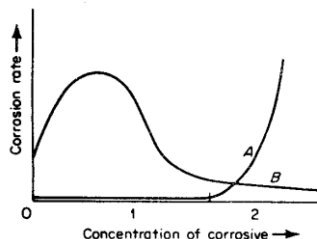
2.3.3 Efek Temperatur



Gambar 2. 4 Efek Temperatur terhadap Laju Korosi

Gambar 2.4 menunjukkan bahwa temperatur meningkatkan laju semua reaksi kimia. Kurva A menunjukkan perilaku laju korosi semakin tinggi, karena adanya peningkatan temperatur. Pada kurva B terlihat meningkatnya laju korosi dikarenakan adanya kenaikan temperatur, namun saat temperaturnya rendah laju korosi juga menurun.

2.3.4 Efek Konsentrasi Korosif



Gambar 2. 5 Efek Konsentrasi Korosif terhadap Laju Korosi



Gambar 2.5 menunjukkan kurva A mempunyai dua daerah yaitu daerah 1 dan 2. Banyak material memperlihatkan efek pasivasi yang hanya dibuat oleh perubahan besar pada konsentrasi korosifnya seperti yang ditunjukkan kurva A daerah 1. Laju korosi akan turun bila konsentrasi korosifnya juga berkurang seperti pada kurva A daerah 2. Kurva B daerah 1 menunjukkan adanya pembentukan film protektif di konsentrasi korosif yang rendah akan menurunkan laju korosi, namun laju korosi akan meningkat seiring adanya penambahan konsentrasi korosif seperti yang ditunjukkan oleh kurva B daerah 2. (Fontana, 1984)

2.4 Pengendalian Korosi dengan Menggunakan Inhibitor

Fenomena korosi adalah masalah yang sering dihadapi serta dapat menyebabkan kegagalan pada peralatan industry minyak dan gas. Adapun usaha yang dilakukan untuk mengendalikan korosi adalah dengan menambah zat dalam jumlah kecil yang dapat memperlambat korosi atau biasa disebut inhibitor. Inhibitor biasa digunakan didalam pipa baja karbon dan bejana. Penambahan inhibitor dapat diimplementasikan tanpa mengganggu proses. Penambahan sebuah inhibitor (beberapa *reagent* dapat mengubah sebuah proses korosi aktif menjadi proses pasif) menghasilkan pengurangan laju korosi.

Inhibitor dapat diklasifikasikan dalam dua jenis yaitu, *organik* dan *inorganik*. Tipe anodik dari inhibitor *inorganik* yaitu kromat, nitrit, fosfat, dan yang termasuk tipe katodik yaitu inhibitor *zinc* dan polifosfat. Sedangkan yang termasuk inhibitor organik adalah *amines salts*, *amines*, *imidazolines*, dan *esters*. Inhibitor juga dapat diklasifikasikan menurut fungsinya. Contohnya kromat dan nitrat dapat disebut inhibitor pasif karena inhibitor ini cenderung untuk mempasifkan permukaan logam. Beberapa inhibitor seperti silikat, menghambat kedua reaksi baik anodik dan katodik. Inhibitor ini



menghilangkan partikel dari sistem, seperti partikel besi dengan presipitasi. (Ahmad Z., 2006).

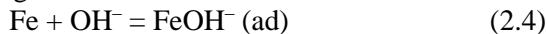
Menurut mekanisme proteksi ada dua jenis inhibitor korosi, yaitu :

a. Proses Anodik dan Inhibitor Anodik

Ada sebuah proses pemisahan anodik :



Saat proses pemisahan di media larutan, fenomena dari adsorpsi dan gangguan dari senyawa sangat dominan (persamaan 2.4.1). Fenomena tersebut dapat menunjukkan langkah – langkah sebagai berikut :



(yang bergaris bawah terindikasi bahwa senyawa teradsorpsi pada permukaan)

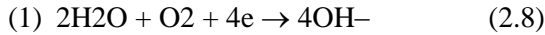
Korosi yang berjalan lambat bergantung pada laju transfer elektron dan lingkungannya. Contohnya, jika reaksi persamaan $\text{Fe} + \text{OH}^- \rightarrow \text{FeOH}^-$ ditekan oleh konstituen elektrolit, korosi menurun dan jika reaksi $\text{FeOH}^-/\text{ads} = \text{FeOH}^+$ dinaikkan, korosi meningkat. Saat konsentrasi ion OH^- , besi hidroksida akan terpresipitasi sehingga dapat memperlambat laju desorpsi dan menginiasi peningkatan korosi. Di kontrol anodik, pasifasi dari permukaan sebagai faktor kontroling. Inhibitor memperluas daerah pasifasi. Kedua proses, formasi film pasif dan menahan daerah anodik, mengurangi untuk terjadinya korosi.

Penambahan inhibitor menurunkan perbedaan potensial antara daerah anodik dan katodik, dan akibatnya mereduksi reaksi korosi yang terjadi. Potensial anoda bergeser ke potensial katoda.



b. Proses Katodik dan Inhibitor Katodik

Sesuai namanya, inhibitor ini menurunkan laju reaksi katodik di permukaan logam sehingga disebut inhibitor katodik. Untuk mengetahui mekanismenya, terdapat dua reaksi katodik :



(reduksi oksigen)



(reduksi hidrogen)

Adanya daerah katodik dimana oksigen berdifusi terhadap antar permukaan logam atau elektrolit. Jika inhibitor seperti *zinc* dan *magnesium* ditambahkan ke sistem logam atau elektrolit, inhibitor akan bereaksi dengan ion hidroksil dan presipitat senyawa tak terlarut yang akan kembali mengurangi daerah katodik pada logam. Di korosi *oxygen-induced*, cara kontroling adalah transfer massa oksigen ke logam (katoda/ kontak elektrolit). Logam dianggap dalam keadaan stagnant. Oksigen dengan cepat hilang pada kondisi ini dan laju reaksi berjalan lambat. Pada sistem yang mengalir, laju reaksi yang tinggi akan diatur karena suplai berkelanjutan dari oksigen menuju sistem.

Efek dari penambahan inhibitor anodik dan katodik adalah :

- (1) Inhibitor katodik menggeser potensial ke arah negatif
- (2) Inhibitor anodik menggeser potensial ke arah positif

I_{corr} dari elektrolit tanpa inhibitor lebih tinggi daripada I'_{corr} elektrolit yang ditambah inhibitor anodik. Saat penambahan inhibitor katodik, I_{corr} lebih rendah dibandingkan dengan I'_{corr} tanpa inhibitor ($I'_{corr} < I_{corr}$) dan E_{corr} bergeser ke arah negatif.



Sedangkan inhibitor menurut jenisnya dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

- **Inhibitor Inorganik**

Penambahan inhibitor inorganik menyebabkan tekanan terhadap reaksi elektrokimia pada daerah katodik anodik. Inhibitor jenis ini hanya bereaksi pada konsentrasi yang cukup. Contohnya kromat, nitrit, nitrat, fosfat, dan silikat. Terkadang inhibitor anorganik tidak dapat digunakan karena sifatnya yang merusak lingkungan.

- **Inhibitor Organik**

Inhibitor jenis ini paling banyak digunakan di industry minyak untuk mengontrol korosi di sumur minyak dan gas. Kebanyakan inhibitor ini bertipe rangkaian panjang (C_{18}) hidrogen dan nitrogen berisi senyawa. Inhibitor organik bukanlah anodik maupun katodik, tetapi mereka menghambat keduanya baik daerah anodik ataupun katodik terhadap bermacam tingkat bergantung pada jenis inhibisinya. Contoh dari inhibitor organik yaitu :

- *Monoamine*
- *Amine*
- *Phenols*
- *Flavonoid*



Gambar 2. 6 Struktur Senyawa *Phenols*

Grup amine memiliki karakteristik polar karena adanya ion. Karena karakteristik polar, molekul teradsorpsi fisik pada permukaan logam. Selain amine, terdapat gugus polar yang efektif antara lain ; sulfur, nitrogen, hidroksil, selenium, atau fosfonat.

Pengaruh dari senyawa organik berisi nitrogen pada



korosi baja di media asam yaitu bekerja secara lambat dan membutuhkan waktu untuk inhibitor bekerja secara stabil (Papavinasam, 2003). Beberapa inhibitor organik bekerja teradsorpsi pada permukaan logam. (Omyma, 2011)

Inhibitor organik bereaksi dengan adsorpsi pada permukaan logam. Pembentukan ikatan antara substrat logam dan inhibitor organik (*chemisorption*), ikatan menghalangi proses katodik dan anodik, lalu melindungi permukaan logam. (Ahmad Z., 2006)

Inhibitor organik akan teradsorpsi menurut muatan inhibitor dan muatan permukaan. Inhibitor organik biasanya didesain untuk pembentuk film, memproteksi logam dengan membentuk film *hydrophobic* pada permukaan logam.

Efisiensi inhibitor juga dapat dihitung dengan persamaan rumus dibawah ini :

$$\text{Efficiency Inhibitor} = \frac{CR_{\text{uninhibited}} - CR_{\text{inhibited}}}{CR_{\text{uninhibited}}} \times 100\% \quad (2.10)$$

Dimana $CR_{\text{uninhibited}}$ = laju korosi tanpa inhibitor

$CR_{\text{inhibited}}$ = laju korosi dengan inhibitor

Biasanya, efisiensi inhibitor meningkat dengan adanya penambahan konsentrasi inhibitornya. Inhibitor adalah zat kimia yang bereaksi dengan permukaan logam atau lingkungan pada permukaan yang terekspos, memberikan proteksi pada permukaan. Inhibitor biasanya bekerja dengan menyerap inhibitor itu sendiri pada permukaan logam, kemudian melindungi permukaan logam dengan membentuk lapisan (film). Inhibitor terdistribusi normal dari larutan atau menyebar. Inhibitor dapat memperlambat korosi dengan cara :

- Meningkatkan anoda atau katoda polarisasi



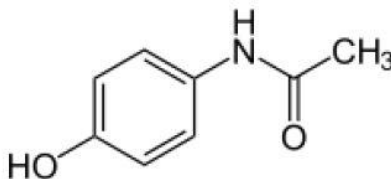
- Menurunkan pergerakan atau difusi ion pada permukaan logam
- Meningkatkan ketahanan elektrik permukaan logam (Roberge, 2000)

2.5 Antioksidan dan Obat Parasetamol

Antioksidan merupa senyawa pemberi elektron yang memiliki berat molekul kecil, tetapi mampu menghambat berkembangnya reaksi oksidasi, dengan mengikat radikal bebas dan molekul yang sangat reaktif, sehingga kerusakan sel terhambat.

Berdasarkan mekanisme kerjanya antioksidan dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu :

1. Antioksidan primer, yaitu antioksidan yang dapat menghalangi pembentukan radikal bebas baru. Contohnya adalah senyawa fenol.
2. Antioksidan sekunder, yaitu antioksidan oksigen atau antioksidan non enzimatis yang dikenal sebagai penangkap radikal bebas (*scavenger free radical*) yang kemudian mencegah amplifikasi radikal. Contohnya adalah vitamin E dan vitamin C.
3. Antioksidan tersier, yaitu antioksidan yang memperbaiki kerusakan – kerusakan yang telah terjadi. Senyawa yang termasuk golongan ini adalah enzim yang memperbaiki DNA dan metionin sulfide reduktase (Winarsih, 2005)



Gambar 2. 7 Struktur Parasetamol



Pada gambar 2.7 merupakan struktur Parasetamol yaitu senyawa fenolik yang mengandung gabungan antara ikatan aromatik *benzene* atau phenyl $C_6H_5NO_2$ dengan *hydroxyl* (OH^-) yang bersifat antioksidan sehingga senyawa ini dapat mencegah reaksi oksidasi yang disebabkan oleh radikal bebas, sehingga reaksi berantai oleh radikal bebas dapat terhenti. Senyawa fenolik pada obat parasetamol ini akan bertindak sebagai antioksidan primer dengan menyumbangkan atom hidrogen baik sebagai radikal alkoksil, $AH + RO^* \rightarrow A^* + ROH$ atau radikal bebas peroksil, $AH + ROO^* \rightarrow A^* + ROOH$ dalam reaksi yang reversible. Reaksi ini menyumbangkan radikal bebas antioksidan (A^*) dengan tingkat energi yang lebih rendah dibandingkan RO^* dan ROO^* .

Parasetamol atau *acetaminophen* adalah obat *anti inflammatory* yang banyak digunakan untuk meringankan sakit dan demam. *Acetaminophen* mengandung *acetylation* dari 4 – *aminophenol* dengan anhydride asetat. *Acetaminophen* memulihkan dari campuran reaksi dengan netralisasi asam sulfur dan larutan ammonia, kemudian ammonium sulfat terbentuk. Penggunaan katalis asam tak terlarut akan mempermudah pemisahan kerja dan penggunaan kembali katalis, menghindari peralatan dari korosi. (Nazary N., 2010)

Parasetamol adalah obat alternatif bagi mereka yang tidak dapat menggunakan obat aspirin. Penggunaan parasetamol adalah salah satu obat yang dapat menjadi racun, namun pada dosis yang tepat tidak menimbulkan efek apapun. Peningkatan konsentrasi parasetamol bisa bergantung pada film tipis dari produk pada permukaan elektroda menghambat performa dari proses elektroda. (Nematollahi D., 2009)

Parasetamol merupakan senyawa fenolik yang mengandung gabungan antara ikatan aromatik *benzene* atau phenyl C_6H_5 dengan *hydroxyl* (OH^-) yang bersifat antioksidan sehingga senyawa ini dapat mencegah reaksi



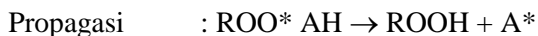
oksidasi yang disebabkan oleh radikal bebas, sehingga reaksi berantai oleh radikal bebas dapat terhenti.

2.6 Mekanisme Inhibisi Obat Parasetamol

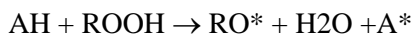
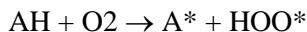
Penambahan antioksidan (AH) primer dengan konsentrasi rendah pada lipida dapat menghambat atau mencegah reaksi antioksidasi lemak dan minyak. Penambahan tersebut dapat menghalangi reaksi oksidasi pada tahap inisiasi maupun propagasi radikal – radikal antioksidan (A^*) yang terbentuk pada reaksi tersebut relatif stabil dan tidak mempunyai cukup energi untuk dapat bereaksi dengan molekul lipida lain membentuk radikal lipida baru. Menurut Hamilton (1983), radikal – radikal antioksidan dapat saling bereaksi membentuk produk non radikal



Radikal Lipida



Besar konsentrasi antioksidan yang ditambahkan dapat berpengaruh pada laju oksidasi. Pada konsentrasi tinggi, antioksidan grup fenolik sering lenyap, bahkan antioksidan tersebut menjadi prooksidan. Pengaruh jumlah konsentrasi pada laju oksidasi tergantung pada struktur antioksidan, kondisi dan sample yang akan diuji.



Penghambatan oksidasi lipida oleh antioksidan lebih dari satu mekanisme. Ada empat kemungkinan mekanisme penghambatan tersebut, yaitu :

- a. Pemberian Hidrogen
- b. Pemberian Elektron
- c. Penambahan Lipida pada cincin aromatic antioksidan



- d. Pembentukan kompleks antara lipida dan cincin aromatic antioksidan.

Studi lebih lanjut mengamati bahwa ketika atom hidrogen labil pada suatu antioksidan tertentu diganti dengan deuterium, antioksidan tersebut menjadi tidak efektif. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme penghambatan dengan pemberian hidrogen lebih baik dibanding pemberian elektron. Beberapa peneliti percaya bahwa pemberian hidrogen atau elektron merupakan mekanisme utama, sedangkan pembentukan kompleks antara antioksidan dengan rantai lipida adalah reaksi sekunder (Gordon, 1990)

Secara umum, menurut Coppen (1983), antioksidan diharapkan memiliki ciri-ciri sebagai berikut (a) aman dalam penggunaan, (b) tidak memberi aroma, bau, dan warna pada produk, (c) efektif pada konsentrasi rendah, (d) tahan terhadap proses pengolahan produk (berkemampuan antioksidan yang baik), (e) tersedia dengan harga yang murah. Ciri keempat merupakan hal yang sangat penting karena sebagian proses pengolahan menggunakan suhu tinggi. Suhu tinggi akan merusak lipida dan stabilitas antioksidan yang ditambahkan sebagai bahan tambahan pangan. Kemampuan bertahan antioksidan terhadap proses.

Inhibitor dapat melindungi logam dengan 3 cara :

- Fisisorpsi : disebabkan oleh gaya elektrostatis yang ada antara inhibitor dan permukaan logam. Permukaan logam bisa menjadi muatan positif atau negatif. Saat polarisasi katodik, logam mendapat muatan negatif karena adanya pemisahan kation pada permukaan logam. Namun terjadi sebaliknya pada polarisasi anodik. Saat logam bermuatan positif, muatan negatif (anion) inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam. Senyawa adsorpsi fisik bisa dihilangkan dari permukaan oleh gaya fisik seperti menaikkan temperatur dan meningkatkan aliran.



- Chemisorption : menghasilkan ikatan yang kuat dari inhibitor dengan permukaan logam. Ion bermuatan positif berhadapan dengan ion bermuatan negative bisa teradsorpsi pada logam bermuatan positif berhadapan dengan ion negatif. Fenomena ini disebabkan oleh pembagian muatan atau transfer muatan antara senyawa inhibitor dan permukaan logam. Proses chemisorption meningkat seiring dengan waktu dan temperatur.
- Pembentukan film : pembentukan film sangatlah kompleks dan film bergantung pada ketebalan, komposisi, kelarutan, dan gaya fisik yang lain. Sebagai contoh, film Al_2O_3 dihasilkan oleh proses anodik yang mampu menahan korosi dan menghasilkan pertahanan yang baik. Ketebalan film mungkin melepaskan adhesinya tergantung pada akibat mekaniknya, seperti udara membentuk film pada permukaan baja. (Ahmad Z., 2006)

Adapun mekanisme kerja dari inhibitor dapat dibedakan sebagai berikut :

- Inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam dan membentuk suatu lapisan tipis dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor. Lapisan ini tidak dapat dilihat oleh mata biasa, namun dapat menghambat penyerangan lingkungan logamnya.
- Melalui pengaruh lingkungan (misal pH) menyebabkan inhibitor dapat mengendap dan selanjutnya teradsorpsi pada permukaan logam serta melindunginya terhadap korosi. Endapan yang terjadi cukup banyak, sehingga lapisan yang terjadi dapat teramati oleh mata.
- Inhibitor lebih dahulu mengkorosi logamnya dan menghasilkan suatu zat kimia yang kemudian melalui peristiwa adsorpsi dari produk korosi tersebut membentuk suatu lapisan pasif pada permukaan logam.



- Inhibitor menghilangkan konstituen yang agresif dari lingkungannya.

2.7 Perhitungan Adsorpsi Isothermal

Inhibisi dari korosi logam oleh senyawa organik dilengkapi dengan adanya adsorpsi molekul inhibitor atau terbentuknya film pada permukaan logam sebagai penghalang antara permukaan logam dan media korosifnya. Adsorpsi isothermal menjelaskan tentang mekanisme inhibisi dari inhibitor korosi. Adsorpsi pada permukaan yang solid dapat digolongkan menjadi dua yaitu fisisorpsi dan chemisorpsi bergantung pada kekuatan interaksi antara permukaan dan molekul teradsorpsi. Hubungan antara efisiensi inhibitor dan konsentrasi inhibitor pada temperatur konstan diketahui sebagai isotherm. Persamaan adsorpsi isotherm Langmuir seperti dibawah ini :

$$\theta = \frac{\text{Weight Loss}_{\text{uninhibited}} - \text{Weight Loss}_{\text{inhibited}}}{\text{Weight Loss}_{\text{uninhibited}}} \quad (2.11)$$

$$K_{\text{ads}} = \frac{\theta}{C(1 - \theta)} \quad (2.12)$$

$$\Delta G^{\circ}_{\text{ads}} = -8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} 298 \text{ K} \ln(55.5 \times 0.404) \quad (2.13)$$

Dimana K_{ads} = konstanta kesetimbangan adsorpsi

C = konsentrasi inhibitor

θ = *surface coverage*

$\Delta G^{\circ}_{\text{ads}}$ = energi bebas Gibbs (kJ/mol)

R = konstanta gas (8.314 J/mol K)

55.5 = nilai konstan konsentrasi air

Jika diperoleh hasil $\Delta G^{\circ}_{\text{ads}}$ dengan nilai lebih positif dari -20 kJ/mol, sehingga diperkirakan absorpsi yang terjadi secara fisisorpsi. Namun jika rentang nilai $\Delta G^{\circ}_{\text{ads}}$ antara -20 kJ/mol hingga -40 kJ/mol diperkirakan



adsorpsi yang terjadi adalah. Jika nilai $\Delta G^{\circ}_{\text{ads}}$ lebih negative dari -40 kJ/mol maka adsorpsi yang terjadi chemisorpsi. Persamaan Langmuir digunakan pada adsorpsi homogen dan *monolayer* (ketebalan satu molekul) (Nwosu, 2014)

2.8 Hasil Penelitian Sebelumnya

Hasil penelitian oleh Vaszilcsin N., *et. al.*, 2012, menjelaskan bahwa obat parasetamol dan obat carbamazepine efektif dijadikan inhibitor dengan menurunkan nilai laju korosi. Penelitian ini dilakukan pada baja karbon. Pemakaian inhibitor ini dapat menurunkan nilai laju korosi 0.73 mm/year tanpa penambahan inhibitor menjadi 0.11 mm/year setelah ditambahkan inhibitor pada larutan elektrolit $0.1 \text{ mol L}^{-1} \text{ H}_2\text{SO}_4$ dan $0.25 \text{ mol L}^{-1} \text{ acetic acid}$ $-0.25 \text{ mol L}^{-1} \text{ sodium acetate}$. Dengan demikian, efisiensi inhibitor parasetamol untuk menghambat laju korosi sebesar 85% pada asam lemah, sedangkan pada obat carbamazepine mampu menurunkan laju korosi dengan efisiensi 90 %.

Hasil penelitian oleh H. Saddam, 2013, didapatkan dengan adanya inhibitor obat parasetamol, laju korosi yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan inhibitor parasetamol murni. Bila dilihat dari nilai efisiensi inhibitorynya, dengan menggunakan obat parasetamol didapatkan efisiensi inhibitorynya sebesar 53.14 % sedangkan untuk inhibitor parasetamol murni didapatkan sebesar 51.37 %. Hal ini menunjukkan bahwa ada senyawa lain yang dapat membantu kinerja inhibitor obat parasetamol dalam menghambat laju korosi.

Selanjutnya, menurut Lopes Sesenes R., 2012, laju korosi baja karbon meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan aliran hingga 500 rpm, lalu laju korosi menurun dengan bertambahnya kecepatan aliran untuk larutan tanpa inhibitor ekstrak *Buddleia Perfoliata*. Namun pada larutan dengan inhibitor, laju korosi



cenderung rendah saat kondisi statis dan meningkat saat kecepatan alirannya bertambah. Penelitian ini menemukan bahwa inhibitor *Buddleia Perfoliata* menempel pada permukaan logam selama beberapa jam, tapi karena adanya kecepatan aliran, inhibitor terlepas dari permukaan logam meninggalkan daerah aktif, lalu korosi kembali meningkat.

Menurut Jiang X., 2005, tingginya tegangan geser pada kecepatan yang tinggi akan menurunkan nilai efisiensi inhibitor korosi dan menaikkan laju korosi secara signifikan. Namun dengan menambahkan konsentrasi inhibitor *imidazoline* dan *alkynoxymethyl* amine di larutan NaCl 3% pada kecepatan aliran yang tinggi. Hasil optimum pada kondisi statis, inhibitor imidazoline yang dibutuhkan sebesar 100 mg/L, namun pada kondisi kecepatan aliran 5 m/s, inhibitor optimum sebesar 200 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi inhibitor meningkat dengan adanya penambahan konsentrasi inhibitor, apabila diberi pengaruh kecepatan aliran, maka untuk mencapai efisiensi inhibitor yang sama tinggi dengan kondisi statis dibutuhkan konsentrasi inhibitor yang lebih banyak. Faktor hidrodinamik mempunyai dua efek berlawanan terhadap efisiensi inhibitor. Di satu sisi, kecepatan aliran dapat meningkatkan transport massa dari molekul inhibitor ke permukaan elektroda yang dapat menaikkan efisiensi inhibitor. Selain itu, kecepatan aliran juga dapat menghasilkan tegangan geser yang tinggi sehingga bisa menghilangkan film inhibitor dari permukaan logam dan menurunkan efisiensi inhibitor.

Menurut Nwosu, 2014, adanya inhibitor ekstrak biji *Piper guineense* menurunkan jumlah pengurangan berat dari paduan aluminium di larutan uji dengan perbedaan waktu pengujian. Pengurangan berat spesimen bertambah dengan meningkatnya rentang waktu pengujian pada setiap konsentrasi inhibitor. Penyebab dari perilaku



ini bisa karena adanya pengurangan potensi inhibitor korosi oleh adanya penambahan waktu yang meningkat.

Dari penelitian inhibitor asam glutamate yang dilakukan oleh Ketis NK, 2010, didapatkan adanya senyawa asam amino NH_3^+ yang dapat mempengaruhi polarisasi permukaan baja karbon kearah yang lebih negatif dan dapat menurunkan efisiensi inhibitor asam glutamate.

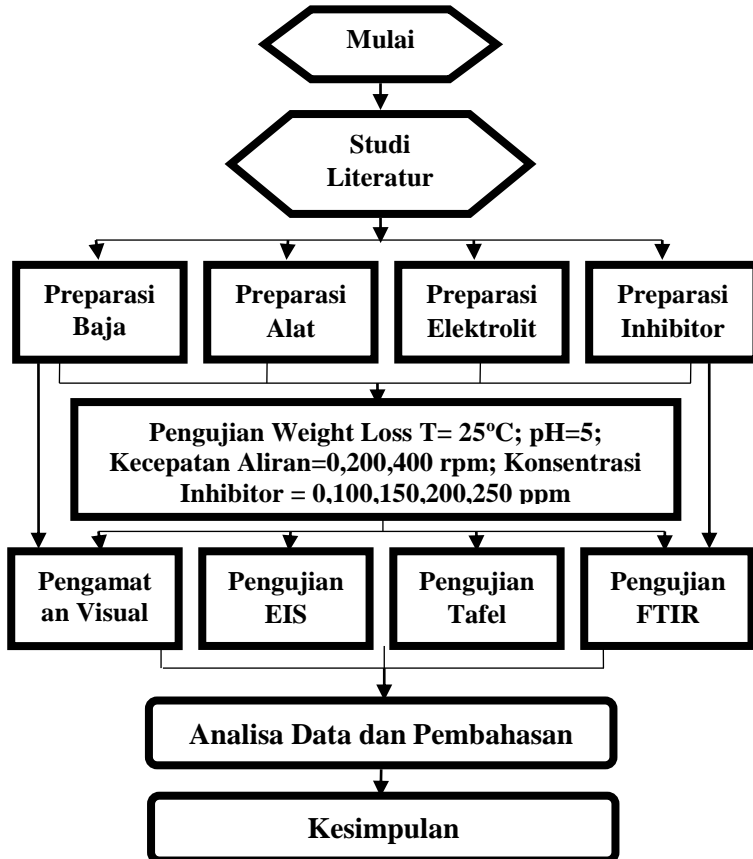
Berdasarkan penjelasan diatas untuk penelitian lebih lanjut mengenai pencegahan korosi dengan metode inhibitor pada baja masih terbuka kemungkinan untuk menggunakan obat parasetamol sebagai zat inhibisi.



(halaman sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian



3.2 Metode Penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan dengan metode penelitian sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Studi literatur pada penelitian ini mengacu pada jurnal dan buku dari situs – situs penelitian yang mempelajari mengenai permasalahan korosi dan pencegahannya, yaitu inhibitor. Khususnya jurnal dan buku yang membahas mengenai korosi pada baja API 5L Grade B di media lingkungan pH 5, serta pencegahan korosi menggunakan inhibitor parasetamol.

2. Eksperimental

Ada beberapa eksperimen yang dilakukan pada penelitian ini yaitu pengujian *weight loss*, polarisasi tafel, pengujian *electrochemical impedance spectroscopy*(EIS), pengujian *fourier transform infra red* (FTIR), dan pengamatan secara visual.

3.3 Alat Penelitian

Peralatan yang akan digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut :

1. Wadah 1 liter
2. Kipas (Fan)
3. Timbangan digital
4. Tali kasur
5. Alat Potong Plat
6. Mata Bor ϕ 3mm
7. Gelas Ukur
8. Pipet
9. Stik
10. Alat pengujian FTIR
11. Alat pengujian potensiostat
12. *Stirrer*
13. *Stir Bar*
14. Kamera digital
15. Solder



16. pH meter
17. RPM meter
18. Lem tembak
19. Adaptor

3.4 Bahan Penelitian

1. Material

Spesimen yang digunakan pada penelitian ini adalah baja karbon rendah API 5L Grade B. Spesimen baja yang digunakan untuk pengujian *weight loss*, EIS dan Tafel memiliki komposisi kimia sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Komposisi Kimia API 5L Grade B

<i>Element</i>	<i>Max.(%)</i>
<i>Carbon</i>	0.28
<i>Manganese</i>	1.20
<i>Phosporus</i>	0.03
<i>Sulfur</i>	0.03
<i>Silicon</i>	0.19

(Specification for Line Pipe, 2004)

2. Elektrolit

Larutan elektrolit yang digunakan pada penelitian ini adalah larutan pH 5 dengan komposisi 1 L CH_3COOH dan 0.5 liter aquades.

3. Inhibitor

Inhibitor yang digunakan pada penelitian ini adalah obat parasetamol sirup dengan variasi konsentrasi inhibitor 0, 100, 150, 200, dan 250 ppm.

3.5 Prosedur Penelitian

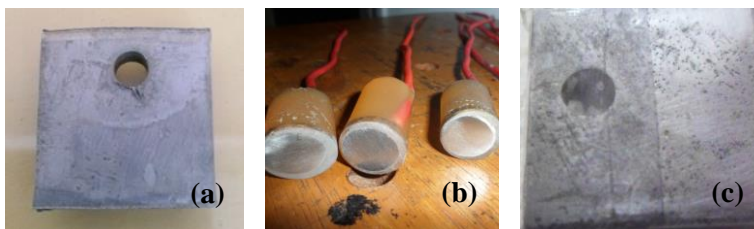
Pada penelitian kali ini dilakukan dua jenis penelitian yaitu, untuk pengujian laju korosi dan efisiensi inhibitor, serta pengujian mekanisme inhibisi. Penelitian ini dilakukan dengan variasi konsentrasi inhibitor 0 ppm, 100 ppm, 150 ppm, dan 250 ppm dengan temperatur kerja



25°C dikondisikan pada berbagai kecepatan aliran yaitu 0 rpm, 200 rpm, dan 400 rpm di lingkungan asam pH 5. Untuk mengetahui laju korosi dan efisiensi inhibitornya dilakukan pengujian *weight loss* dan polarisasi tafel. Sedangkan untuk mengetahui mekanisme inhibisi dari obat parasetamol dilakukan pengujian polarisasi Tafel, pengujian EIS, pengujian *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), pengamatan secara visual dan dilakukan pendekatan perhitungan adsorpsi isothermal Langmuir.

3.5.1 Preparasi Baja

Baja yang digunakan pada penelitian ini adalah baja karbon API 5L grade B. Untuk pengujian *weight loss* baja API 5L grade B dibentuk menjadi plat dengan dimensi 20 x 20 x 3 mm. Kemudian dilakukan pelubangan dengan bor dengan diameter lubang sebesar 3 mm. Untuk pengujian tafel plat baja API 5L grade B dipotong dengan dimensi 20 x 20 x 3 mm. Kemudian permukaan baja ditutup dengan selotip hingga menyisakan permukaan seluas 20 x 10 mm. Setelah itu, bagian permukaan baja yang tidak tertutup selotip diamplas hingga lapisan korosinya berkurang. Untuk pengujian EIS specimen baja dipotong silinder dengan diameter 10 mm dan tebal 3 mm kemudian di *mounting* oleh resin.



Gambar 3. 2 Spesimen Baja API 5L grade B (a) Pengujian *Weight Loss* (b) Pengujian EIS (c) Pengujian Tafel



3.5.2 Preparasi Inhibitor

Inhibitor yang digunakan pada penelitian adalah obat parasetamol sirup merk SANMOL dengan kandungan parasetamol sebesar 120 mg di setiap 5 ml. Untuk setiap konsentrasi inhibitor diperlukan 4.16 ml (konsentrasi inhibitor 100 ppm), 6.25 ml (konsentrasi inhibitor 150 ppm), 8.33 ml (konsentrasi inhibitor 200 ppm) dan 10.416 ml (konsentrasi inhibitor 250 ppm).



Gambar 3. 3 Obat Parasetamol

3.5.3 Pengujian *Weight Loss*

Pengujian *weight loss* bertujuan untuk laju korosi yang terjadi pada baja API 5L grade B di media lingkungan pH 5 dengan variasi penambahan konsentrasi inhibitor obat parasetamol dan kecepatan aliran. Konsentrasi inhibitor yang digunakan sebesar 0, 100, 150, 200, dan 250 ppm. Untuk kecepatan aliran menggunakan 0, 200, dan 400 rpm. Pengujian ini dilakukan selama 10, 20, dan 30 hari dengan menggunakan larutan elektrolit CH_3COOH 1 liter dengan pH 5 dan kipas komputer sebagai pemutar larutan. Kemudian baja yang sudah dilubangi, ditimbang berat awalnya, lalu digantungkan pada sisi – sisi toples tanpa bersentuhan dengan dinding toples. Kipas diberi stik es krim untuk



memutar larutan. Setelah itu, baja API 5L grade B di rendam dalam larutan CH_3COOH dengan menggunakan aliran selama 10, 20, 30 hari. Setelah dilakukan perendaman, berat akhir spesimen ditimbang per waktu yang ditentukan, lalu hitung laju korosi yang terjadi. Metode weight loss digunakan untuk menentukan laju korosi dari baja API 5L grade B dengan pengaruh kecepatan aliran dan konsentrasi inhibitor di lingkungan asam pH 5 dengan langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian ini adalah:

- Weight loss tanpa penambahan inhibitor
 1. Menyiapkan *chamber weight loss*
 2. Menyiapkan 3 spesimen baja API 5L grade B dengan dimensi 2 cm x 2 cm x 0.3 cm
 3. Memasukkan elektrolit ke dalam *chamber*
 4. Mengatur kecepatan putar baling-baling
 5. Merendam baja API 5L grade B ke dalam elektrolit
 6. Spesimen pertama direndam selama 10 hari kemudian dilakukan penimbangan
 7. Spesimen kedua direndam selama 20 hari kemudian dilakukan penimbangan
 8. Spesimen ketiga direndam selama 30 hari kemudian dilakukan pengambilan gambar dan penimbangan, dan uji FTIR

- Weight loss dengan penambahan inhibitor
 1. Menyiapkan *chamber weight loss*
 2. Menyiapkan 3 spesimen baja API 5L grade B dengan dimensi 2 cm x 2 cm x 0.3 cm
 3. Memasukkan elektrolit ke dalam *chamber*
 4. Memasukkan inhibitor dengan konsentrasi yang sudah ditentukan
 5. Mengatur kecepatan putar baling-baling
 6. Merendam baja API 5L ke dalam elektrolit



7. Spesimen pertama direndam selama 10 hari kemudian dilakukan penimbangan
8. Spesimen kedua direndam selama 20 hari kemudian dilakukan penimbangan



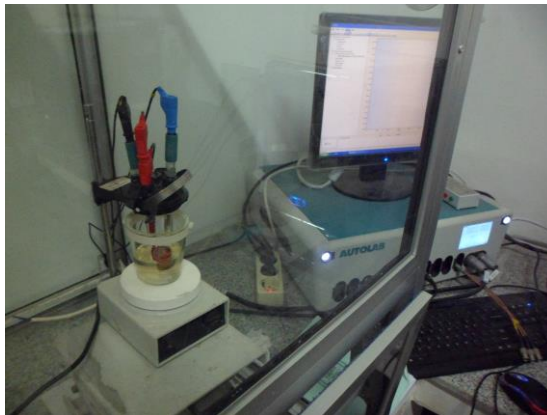
Gambar 3. 4 Pengujian *Weight Loss*

3.5.4 Pengujian *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Pengujian FTIR ini dilakukan dengan alat Thermo Scientific Nicolet iS10 untuk menganalisa kandungan inhibitor obat parasetamol dan spesimen baja API 5L grade B dengan efisiensi inhibitor terbaik. Pengujian ini menghasilkan kurva panjang gelombang dengan intensitas tertentu untuk menentukan ikatan yang ada di kedua sample tersebut.



Gambar 3. 5 Alat Pengujian FTIR



Gambar 3. 6 Alat Pengujian Elektrokimia

3.5.5 Pengujian Polarisasi Tafel

Sebelum pengukuran baja API 5L Grade B dalam media uji dengan metode Tafel, terlebih dahulu dilakukan pengaturan seperti pada Tabel 3.2. Pengaturan ini dilakukan untuk semua variasi sampel untuk mendapatkan data pengujian laju korosi. Pada pengujian Tafel, digunakan stirrer untuk variasi kecepatan aliran. Pengujian tafel ini menggunakan alat Autolab PGT84270. Baja API 5L grade B pada pengujian ini berdimensi 20 x 20 x 3 mm yang kemudian ditutup dengan selotip hingga



menyisakan luas permukaan terbuka 20 x 10 mm. Kemudian bagian yang terbuka tersebut diampas hingga lapisan korosinya berkurang atau hilang.

Tabel 3. 2 Uji Korosi dengan Metode Tafel

Elektrode Kerja	API 5L Grade B
<i>Equivalent Weight</i> (g)	27.925
Densitas (g/ml)	7.86
Luasan Terekspos (cm ²)	2
<i>Counter Electrode</i>	Platina
<i>Reference Electrode</i>	SCE
<i>Scan Rate</i> (V/s)	0,1
<i>Sweep Range</i>	0.1 – 1000
<i>Start Potential</i> (V)	-0,02 vs E _{corr}
<i>Finish Potential</i> (V)	+0,02 vs E _{corr}

3.5.6 Pengujian *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS)

Kemudian spesimen baja API 5L grade B dijepitkan pada alat EIS dan dianalisa dengan menggunakan alat Autolab PGT84948. Sebelum pengujian EIS dilakukan pengaturan frekuensi dari 0.1 Hz sampai 100000 Hz, dengan mencari sebanyak 50 titik. Kemudian dilakukan fitting untuk memperoleh data CPE, R_s dan R_p. Pada pengujian EIS ini digunakan stirrer untuk variasi kecepatan aliran. Spesimen baja yang digunakan dalam pengujian ini berdiameter 10 mm dan di *mounting* dengan resin.

Pengujian elektrokimia Tafel dan EIS memiliki langkah –langkah pengujian yang sama, yaitu sebagai berikut :

1. Menyiapkan *chamber* polarisasi
2. Memindahkan larutan 3.5% NaCl ke dalam *chamber*
3. Memasukkan stir bar ke dalam *chamber*
4. Membersihkan permukaan sampel baja dengan menggunakan kertas gosok



5. Memasang *stirrer* pada bawah *chamber*
6. Merendam baja API 5L grade B ke dalam larutan sebagai *working electrode*
7. Memasang elektroda sesuai dengan standar polarisasi, yaitu *working electrode* (baja API 5L grade B), *reference electrode* (kalomel, Ag/AgCl), dan *auxiliary electrode* (platina)
8. Mengatur kecepatan putar *stirrer* pada kecepatan yang diinginkan, dan dipastikan dengan RPM meter

Pengujian secara elektrokimia EIS dan Tafel dengan penambahan inhibitor, sebagai berikut :

1. Menyiapkan *chamber* polarisasi
2. Memindahkan larutan 3.5% NaCl ke dalam *chamber*
3. Menambahkan inhibitor sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan ke dalam *chamber*.
4. Memasukkan stir bar ke dalam *chamber*
5. Membersihkan permukaan sampel baja dengan menggunakan kertas gosok
6. Memasang *stirrer* pada bawah *chamber*
7. Merendam baja API 5L grade B ke dalam larutan sebagai *working electrode*
8. Memasang elektroda sesuai dengan standar polarisasi, yaitu *working electrode* (baja API 5L grade B), *reference electrode* (kalomel, Ag/AgCl), dan *auxiliary electrode* (platina)
9. Mengatur kecepatan putar *stirrer* pada kecepatan yang diinginkan, dan dipastikan dengan RPM meter



3.6 Rancangan Tabel Pengambilan Data Penelitian

Untuk memudahkan dalam mengolah dan menganalisa data yang didapat, maka dibuat rancangan percobaan sebagai berikut :

Tabel 3. 3 Tabel Pengujian Weight Loss

Kecepatan Alir (rpm)	Konsentrasi Inhibitor (ppm)	Waktu (Hari)	W _o (gr)	W _a (gr)	Laju Korosi (mpy)	Efisiensi Inhibitor (%)
0	0	10				
		20				
		30				
	100	10				
		20				
		30				
	150	10				
		20				
		30				
	200	10				
		20				
		30				
	250	10				
		20				
		30				



200	0	10				
		20				
		30				
	100	10				
		20				
		30				
	150	10				
		20				
		30				
	200	10				
		20				
		30				
	250	10				
		20				
		30				
400	0	10				
		20				
		30				
	100	10				
		20				
		30				
	150	10				
		20				
		30				
	200	10				
		20				
		30				
	250	10				
		20				
		30				



Tabel 3.4. Tabel Pengujian EIS

Medium	Inhibitor (ppm)	R_s ($k\Omega.cm^2$)	CPE (N)	CPE Y (μMho)	R_p ($k\Omega.cm^2$)
Parasetamol dalam lingkungan asam pH 5					



(halaman sengaja dikosongkan)

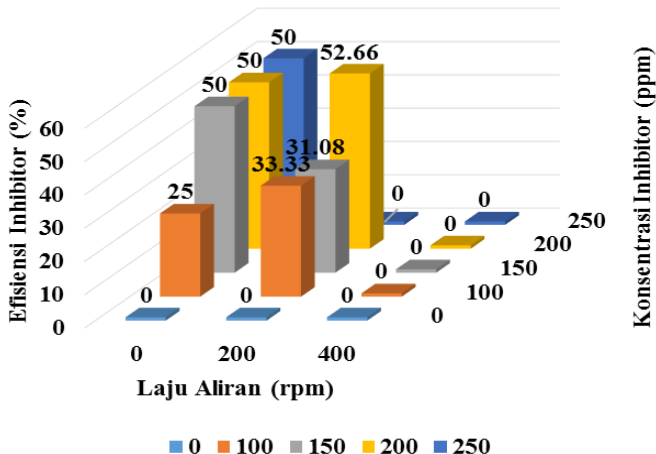
BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

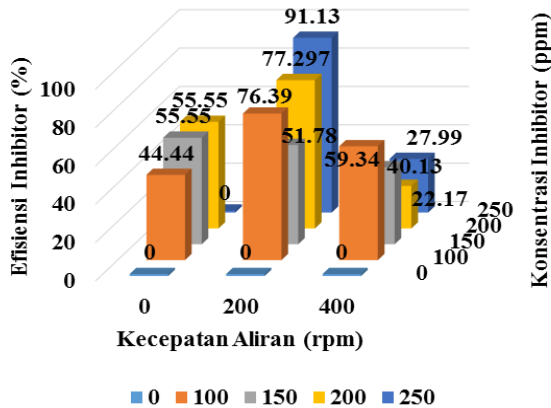
4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Hasil Pengujian *Weight Loss*

Gambar 4.1 menunjukkan dengan adanya pengaruh penambahan konsentrasi inhibitor dan kecepatan aliran terhadap efisiensi inhibitor pada baja API 5L grade B selama 10 hari dapat dilihat bahwa pada kondisi statis 0 rpm nilai efisiensi cenderung stabil di setiap konsentrasi inhibitornya. Namun pada kecepatan aliran 200 rpm, nilai efisiensi inhibitor mengalami fluktuasi dan terjadi penurunan nilai efisiensi inhibitor di konsentrasi inhibitor 250 ppm. Sedangkan nilai efisiensi inhibitor cenderung 0 pada kecepatan aliran 400 rpm. Nilai efisiensi tertinggi selama 10 hari terjadi di konsentrasi inhibitor 200 ppm dan kecepatan aliran 200 rpm yaitu sebesar 52.66 %.

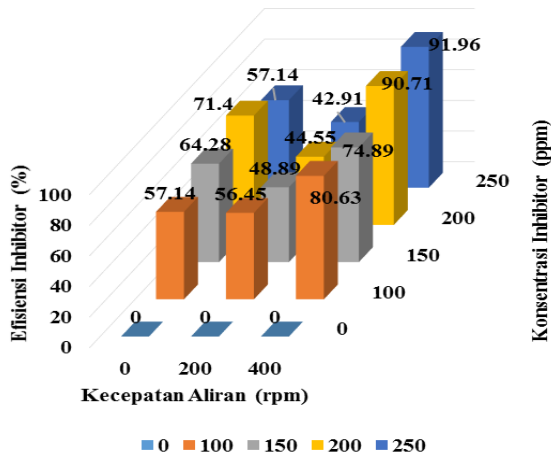


Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Penambahan Konsentrasi Inhibitor dan Kecepatan Aliran terhadap Efisiensi Inhibitor pada Baja API 5L Grade B selama 10 hari



Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Penambahan Konsentrasi Inhibitor dan Kecepatan Aliran terhadap Efisiensi Inhibitor pada Baja API 5L Grade B selama 20 hari

Grafik pada gambar 4.2 menunjukkan adanya pengaruh penambahan konsentrasi inhibitor dan kecepatan aliran terhadap efisiensi inhibitor pada baja API 5L grade B selama 20 hari menunjukkan saat kondisi statis 0 rpm, terjadi penurunan nilai efisiensi inhibitor pada konsentrasi inhibitor 250 ppm. Kemudian bila dilihat saat kecepatan aliran 200 rpm terjadi kenaikan nilai efisiensi inhibitor di konsentrasi inhibitor sebesar 250 ppm. Selain itu, saat kecepatan aliran 400 rpm, nilai efisiensi inhibitor cenderung fluktuatif di setiap konsentrasi inhibitorynya. Nilai efisiensi inhibitor tertinggi sebesar 91.13 % dimana terjadi saat konsentrasi inhibitor 250 ppm dan kecepatan aliran 200 rpm.



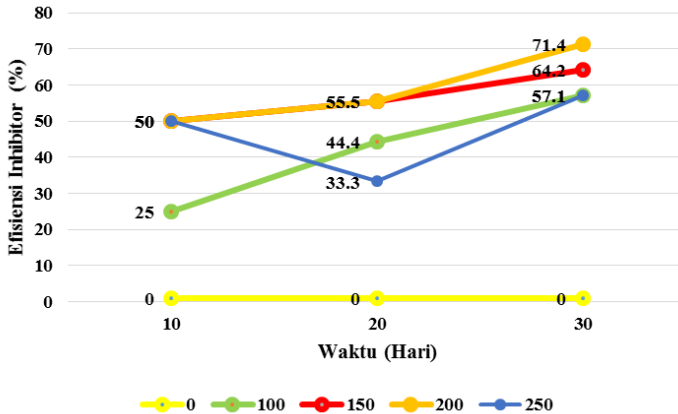
Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Penambahan Konsentrasi Inhibitor dan Kecepatan Aliran terhadap Efisiensi Inhibitor pada Baja API 5L Grade B selama 30 hari

Gambar 4.3 diatas menunjukkan pengaruh penambahan konsentrasi inhibitor dan kecepatan aliran terhadap efisiensi inhibitor baja API 5L grade B selama 30 hari. Pada kondisi statis 0 rpm, didapatkan fluktuasi nilai efisiensi inhibitor. Di kondisi kecepatan aliran 200 rpm, penurunan nilai efisiensi cenderung terjadi di setiap konsentrasi inhibitornya. Namun di kondisi kecepatan aliran 400 rpm dengan konsentrasi inhibitor 250 ppm terjadi peningkatan nilai efisiensi inhibitor hingga 91.96 %, dimana nilai tersebut juga merupakan nilai efisiensi inhibitor tertinggi selama 30 hari.

Bila dibandingkan nilai efisiensi inhibitor pada gambar 4.1 dan gambar 4.2, di kondisi kecepatan aliran 200 rpm dan konsentrasi inhibitor 250 ppm terjadi peningkatan nilai efisiensi inhibitor yang signifikan dari hari ke – 10 hingga hari ke – 20 sebesar 91.13 %. Namun bila dilihat pada gambar 4.3 terjadi penurunan nilai efisiensi inhibitor di konsentrasi inhibitor 250 ppm. Bila dilihat pada kondisi kecepatan aliran 400 rpm terjadi



peningkatan dari hari ke – 10 hingga hari ke – 30. Sehingga didapatkan nilai efisiensi inhibitor terbaik di kondisi konsentrasi inhibitor 250 ppm dan kecepatan aliran 400 rpm.

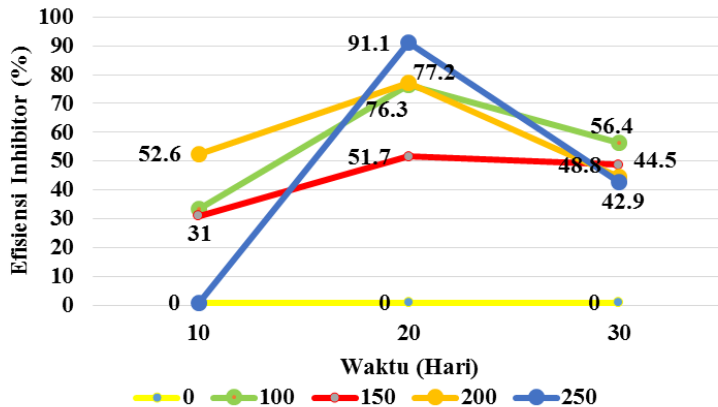


Gambar 4.4 Kurva Pengaruh Penambahan Konsentrasi Inhibitor terhadap Efisiensi Inhibitor pada Baja API 5L grade B dengan Kecepatan Aliran 0 rpm

Pada gambar 4.4 menunjukkan kurva pengaruh penambahan konsentrasi inhibitor terhadap efisiensi inhibitor baja API 5L grade B dengan kecepatan aliran 0 rpm. Saat penambahan konsentrasi inhibitor sebesar 0 rpm, nilai efisiensi inhibitor yang dihasilkan sebesar 0. Efisiensi inhibitor mulai bekerja stabil saat adanya penambahan inhibitor 100 ppm, 150 ppm, dan 200 ppm. Efisiensi inhibitor pada kondisi tersebut cenderung meningkat dari waktu – ke waktu dengan efisiensi inhibitor tertinggi masing- masing sebesar 57.1 % pada 100 ppm, 64.2 % pada 150 ppm, dan 71.4 % pada 200 ppm. Bila dilihat pada kurva gambar 4.4 menunjukkan adanya penurunan efisiensi inhibitor sebesar 33.3 % dengan penambahan konsentrasi inhibitor sebesar 250 ppm setelah 20 hari perendaman pengujian *weight loss*.

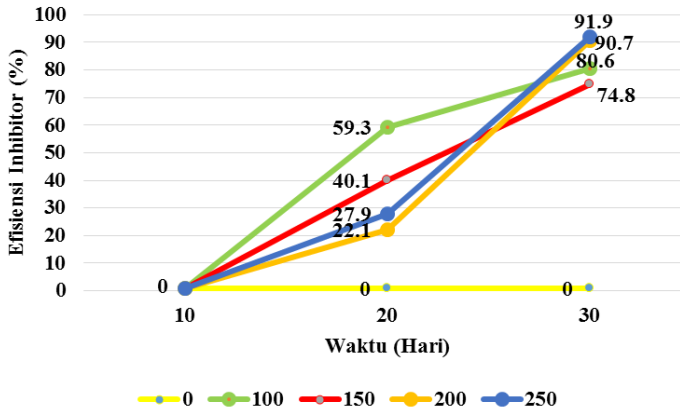


Tetapi setelah 30 hari pengujian *weight loss*, terdapat peningkatan nilai efisiensi inhibitor sebesar 50 %. Fluktuasi ini disebabkan adanya ketidakstabilan kinerja inhibitor setelah 20 hari.



Gambar 4.5 Kurva Pengaruh Penambahan Konsentrasi Inhibitor terhadap Efisiensi Inhibitor pada Baja API 5L grade B dengan Kecepatan Aliran 200 rpm

Kurva pada gambar 4.5 menunjukkan efisiensi inhibitor dengan adanya pengaruh penambahan konsentrasi inhibitor pada baja API 5L grade B dengan kecepatan aliran sebesar 200 rpm. Kurva tersebut menunjukkan nilai efisiensi inhibitor sebesar 0% terjadi saat penambahan konsentrasi inhibitor 0 ppm. Pada penambahan konsentrasi inhibitor sebesar 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm, dan 250 ppm, terjadi penurunan nilai efisiensi inhibitor setelah 30 hari pengujian *weight loss* dilakukan.



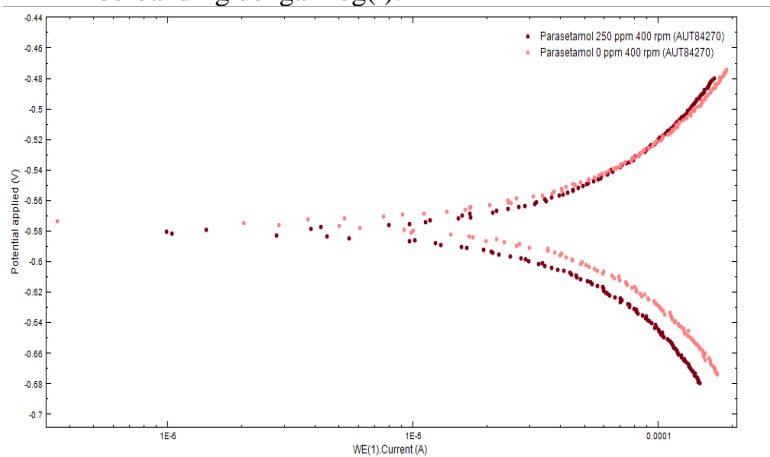
Gambar 4.6 Kurva Pengaruh Penambahan Konsentrasi Inhibitor terhadap Efisiensi Inhibitor pada Baja API 5L grade B dengan Kecepatan Aliran 400 rpm

Gambar 4.6 menunjukkan pada penambahan konsentrasi inhibitor sebesar 0 ppm, nilai efisiensi inhibitor sebesar 0 %. Hal ini dikarenakan tidak adanya konsentrasi inhibitor yang ditambahkan sehingga baja API 5L grade B tidak terlindungi dari korosi. Namun pada konsentrasi inhibitor 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm, dan 250 ppm terjadi kenaikan nilai efisiensi inhibitor yang stabil dan diperoleh efisiensi inhibitor tertinggi sebesar 91.96 %. Dimana nilai ini merupakan nilai efisiensi inhibitor yang paling efisien pada pengujian *weight loss* yang dilakukan selama 30 hari dengan pengaruh penambahan konsentrasi inhibitor dan kecepatan aliran di lingkungan pH 5.



4.1.2 Hasil Pengujian Tafel

Pengujian ini dilakukan pada hasil pengujian *weight loss* pada konsentrasi inhibitor obat parasetamol sebesar 0 ppm dan konsentrasi inhibitor obat parasetamol sebesar 250 ppm dan kecepatan aliran 400 rpm sebagai hasil dari pengujian *weight loss* dengan nilai efisiensi inhibitor terbaik. Hasil pengujian ini diperoleh kurva polarisasi tafel yang disajikan dalam kurva E(potensial) berbanding dengan $\log(i)$.



Gambar 4.7 Perbandingan Kurva Tafel antara Parasetamol 0 ppm dan 250 ppm

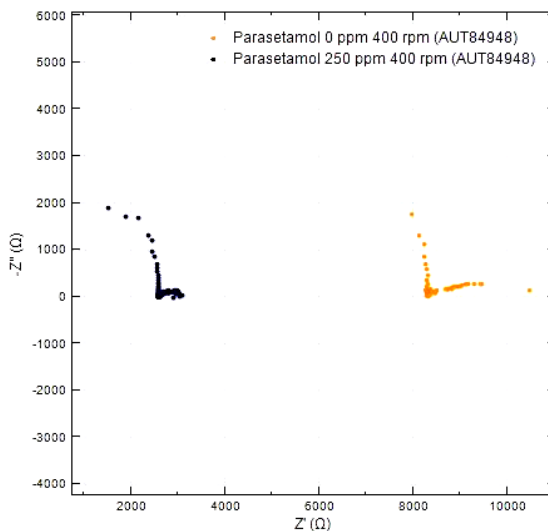
Dari kurva tafel pada gambar 4.7 didapatkan hasil polarisasi tanpa penambahan konsentrasi inhibitor 0 ppm yaitu nilai *open circuit potential* (OCP) sebesar -0.574, laju korosi sebesar 12.32 mpy, dan i_{corr} 27.2660 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$. Selain itu, hasil polarisasi dengan penambahan konsentrasi inhibitor sebesar 250 ppm didapatkan hasil OCP sebesar -0.579, laju korosi 21.22 mpy, dan i_{corr} 47.3160 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$. Adanya kenaikan laju korosi ini menunjukkan bahwa inhibitor obat parasetamol belum bekerja sesaat setelah ditambahkan dalam sistem. Bila dibandingkan dengan hasil pengujian *weight loss* pada gambar 4.1, inhibitor obat parasetamol memang belum



bisa bekerja secara maksimal selama 10 hari sehingga efisiensi inhibitor yang didapatkan sebesar 0 %. Hasil laju korosi dan I_{corr} yang meningkat dapat disebabkan karena adanya efek aliran pada sistem. Berdasarkan kurva tafel pada gambar 4.7, proteksi inhibitor bekerja secara katodik dimana hal disebabkan adanya asam amino NH_3^+ yang terdapat pada obat parasetamol. Asam amino NH_3^+ ini cenderung mempolarisasi permukaan baja karbon kearah yang lebih negatif. (Ketis NK, 2010)

4.1.3 Hasil Pengujian *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS)

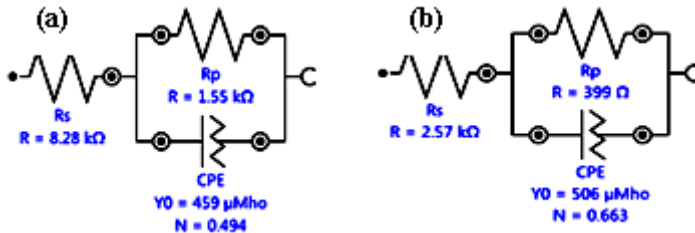
Pengujian EIS ini dilakukan pada hasil pengujian *weight loss* dengan konsentrasi inhibitor 250 ppm sebagai konsentrasi saat efisiensi inhibitor terbaik. Hasil tersebut akan dibandingkan dengan spesimen baja API 5L grade B konsentrasi inhibitor obat parasetamol sebesar 0 ppm. Keduanya akan diberi kecepatan aliran sebesar 400 rpm



Gambar 4. 1 Kurva *Nyquist* untuk sampel dengan konsentrasi inhibitor obat parasetamol 0 ppm dan 250 ppm



Hasil pengujian EIS yang diperoleh menunjukkan kurva yang tidak beraturan. Hal ini disebabkan banyaknya *noise* yang terdapat pada hasil kurva EIS pada gambar 4.8 Hasil ini merupakan akibat dari adanya *stirrer* yang digunakan sebagai pengaruh kecepatan aliran pada perlindungan korosi baja API 5L grade B.



Gambar 4. 2 Model Rangkaian Sirkuit Ekivalen untuk Sampel dengan Kecepatan Aliran 400 rpm di Lingkungan Asam pH 5
(a) Parasetamol 0 ppm (b) Parasetamol 250 ppm

Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Pengujian EIS

Medium	Inhibitor (ppm)	R_s ($\text{k}\Omega \cdot \text{cm}^2$)	CPE (N)	CPE Y (μMho)	R_p ($\text{k}\Omega \cdot \text{cm}^2$)
Parasetamol dalam lingkungan asam pH 5	0	8.28	0.494	459	1.55
	250	2.57	0.663	506	399

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa tahanan polarisasinya meningkat seiring dengan adanya inhibitor yang ditambahkan. Namun tahanan larutannya menurun saat inhibitor ditambahkan dalam sistem. Tahanan polarisasi yang meningkat menunjukkan adanya aksi inhibisi (Shanbhag,2011). Namun tahanan larutan yang menurun mengindikasikan larutan dengan inhibitor belum bekerja untuk menghambat korosi pada spesimen baja. Dikaitkan dengan hasil pengujian polarisasi Tafel, hasil tahanan larutan ini



menunjukkan bahwa inhibitor belum bisa bekerja sesaat setelah ditambahkan ke dalam larutan.

4.1.4 Perhitungan Adsorpsi Isothermal

Perhitungan adsorpsi isothermal Langmuir ini digunakan untuk menjelaskan sifat adsorpsi pada kesetimbangan. Sifat adsorpsi inhibitor obat parasetamol pada kecepatan aliran diuji dengan menggunakan persamaan Langmuir seperti dibawah ini :

$$K_{ads} = \frac{\theta}{C(1 - \theta)}$$

$$K_{ads} = \frac{0.91}{250(1 - 0.91)}$$

$$K_{ads} = 0.404$$

$$\Delta G^{\circ}_{ads} = -RT \ln(55.5 \times K_{ads})$$

$$\Delta G^{\circ}_{ads} = -8.314 \frac{J}{mol K} 298 K \ln(55.5 \times 0.404)$$

$$\Delta G^{\circ}_{ads} = -7705,35 \frac{J}{mol}$$

$$\Delta G^{\circ}_{ads} = -7.7 \frac{kJ}{mol}$$

Berdasarkan hasil perhitungan Adsorpsi Isothermal Langmuir diatas didapatkan hasil ΔG°_{ads} sebesar 7.7 kJ/mol. Dimana menurut teori adsorpsi isothermal, jika nilai ΔG°_{ads} yang didapatkan bernilai – 20 kJ/mol atau lebih positif, maka termasuk dalam fisisorpsi.



4.1.5 Hasil Pengamatan Secara Visual



(a)



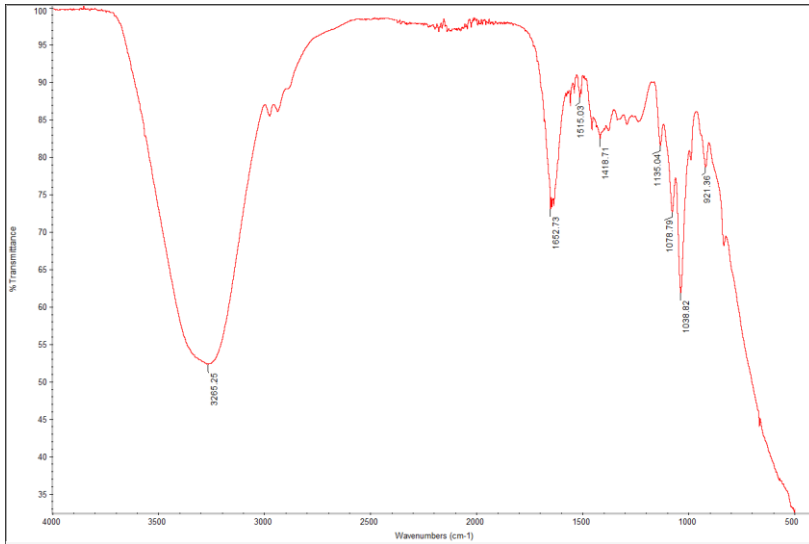
(b)

Gambar 4.10 Permukaan Spesimen Baja API 5L grade B
a) awal b) setelah penambahan konsentrasi inhibitor 250 ppm

Dari hasil pengujian *weight loss* pada gambar 4.10 (a) terlihat permukaan spesimen awal baja API 5L grade B cenderung berwarna putih dan gambar 4.10 (b) menunjukkan permukaan spesimen baja API 5L grade B setelah penambahan konsentrasi inhibitor berwarna hitam pekat. Permukaan berwarna hitam pekat ini tidak ditemukan pada spesimen awal baja API 5L grade B, sehingga diperkirakan permukaan berwarna hitam pekat ini merupakan film tipis yang terbentuk pada spesimen baja API 5L grade B karena adanya penempelan inhibitor di permukaannya



4.1.6 Hasil Pengujian Fourier Transform Infra Red (FTIR)



Gambar 4. 11 Hasil Spektrum FTIR dari Parasetamol

Gambar 4.11 diatas menunjukkan hasil spectrum FTIR Obat Parasetamol. Hasil pengujian tersebut memperlihatkan *peak* dengan hasil yang berbeda, yaitu 3265.25 cm^{-1} , 1652.73 cm^{-1} , 1515.03 cm^{-1} , 1418.78 cm^{-1} , 1135.04 cm^{-1} , 1078.79 cm^{-1} , dan 1038.02 cm^{-1} . Hasil yang didapatkan sesuai dengan literature IR spectra pada kimia organik dengan pembatasan 4000 sampai 400 cm^{-1} . Berikut ini merupakan tabel hasil pengujian FTIR Obat Parasetamol antara *wavelength* dengan gugus fungsinya :



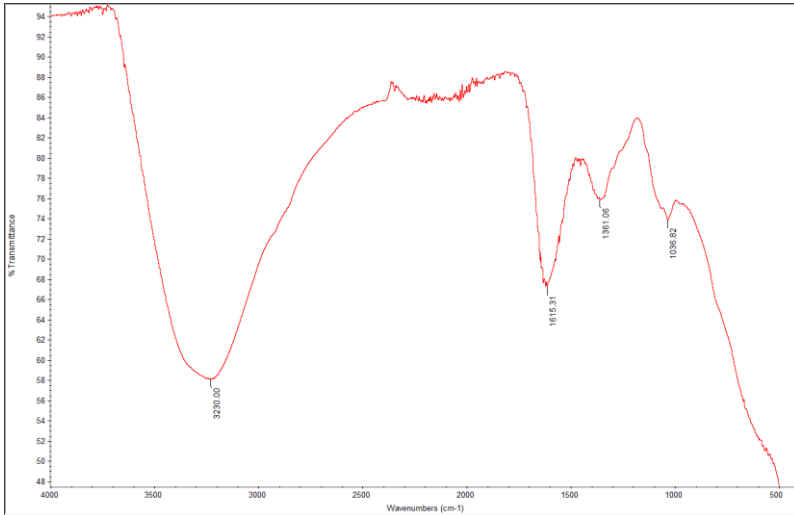
Tabel 4. 2 Hasil FTIR Obat Parasetamol

No.	Wavelength (cm ⁻¹)	Daerah Wavelength (cm ⁻¹)	Tipe	Gugus Fungsi
1.	1038.02	1075 - 1010	<i>Primary Alcohols</i>	C-OH str.
2.	1078.79	1150 - 1070	<i>Aliphatic ethers</i>	R – O – R str.
3.	1135.04	1175 - 1125	<i>Substituted Benzene</i>	C-H def
4.	1418.71	1420 - 1410	<i>Alkenes</i>	C – H def.
5.	1515.03	1550 - 1510	<i>Aromatic Nitro</i>	NO ₂
6.	1652.73	1660 - 1610	<i>Amino Acid Containing NH₂ group</i>	NH ₃ ⁺
7.	3265.25	3400 -3230	<i>Phenolic</i>	O – H str.

Tabel 4.2 menunjukkan hasil pengujian FTIR dari Obat Parasetamol, didapatkan beberapa *peak* dengan tipe *primary alcohols*, *aliphatic ethers*, *substituted benzene*, *alkenes*, *aromatic nitro*, *amino acid*, dan *phenol*. Dari hasil FTIR ini ditemukan bahwa terdapat senyawa organik nitrogen dengan gugus fungsi NO₂ dalam inhibitor obat parasetamol. Menurut Papavinasam (2003), apabila inhibitor berisi nitrogen ini dalam konsentrasi yang rendah, maka inhibitor obat parasetamol akan sedikit teradsorpsi pada permukaan logam. Namun bila



ditambahkan dengan konsentrasi yang tinggi, maka akan terjadi pengendapan kompleks inhibitor pada permukaan logam. Pembentukan kompleks ini adalah proses yang sangat lambat dan sebagai hasilnya efisiensi inhibitor meningkat dengan bertambahnya rentang waktu. Selain itu, adanya asam amino NH_3^+ dapat menyebabkan efisiensi inhibisi semakin kecil ke nilai yang lebih negatif.



Gambar 4. 32 Hasil FTIR dari Spesimen Baja API 5L grade B setelah penambahan konsentrasi inhibitor 250 ppm



Tabel 4.3 Hasil FTIR Baja API 5L grade B dengan penambahan konsentrasi inhibitor sebesar 250 ppm

No.	Wavelength (cm ⁻¹)	Daerah Wavelength (cm ⁻¹)	Tipe	Gugus Fungsi
1.	1036.82	1075 - 1000	<i>Primary Alcohols</i>	C-OH str.
2.	1361.06	1370 - 1310	<i>Aromatic Nitro</i>	NO ₂
3.	1615.31	1660 - 1610	<i>Amino Acid Containing NH₂ group</i>	NH ₃ ⁺
4.	3230	3400 -3230	<i>Phenolic</i>	O – H str.

Tabel 4.3 menunjukkan hasil pengujian FTIR dari spesimen baja dengan penambahan konsentrasi 250 ppm. Dimana dari hasil tersebut diperoleh *peak* dengan tipe *primary alcohols*, *aromatic nitro*, *amino acid*, dan *phenolic*. Gugus fungsi tipe ini juga ditemukan pada hasil FTIR Obat Parasetamol, sehingga kita lakukan pencocokan antara tabel 4.2 dan 4.3 melalui tabel 4.4 di bawah ini :



Tabel 4.4 Perbandingan Hasil FTIR pada Inhibitor Obat Parasetamol dan Spesimen Baja API 5L Grade B dengan penambahan konsentrasi inhibitor 250 ppm

No.	Daerah <i>Wavelength</i> (cm^{-1})	Gugus Fungsi Obat Parasetamol	Gugus Fungsi Spesimen Baja	Tipe
1.	1036.82	1075 - 1000	<i>Primary Alcohols</i>	C-OH str.
2.	1361.06	1370 - 1310	<i>Aromatic Nitro</i>	NO ₂
3.	1615.31	1660 - 1610	<i>Amino Acid Containing NH₂ group</i>	NH ₃ ⁺
4.	3230	3400 -3230	<i>Phenolic</i>	O – H str.

4.2 Pembahasan

Hasil keseluruhan pengujian yang dilakukan pada inhibitor obat parasetamol menunjukkan bahwa inhibitor mampu bekerja dengan pengaruh kecepatan aliran sampai dengan 400 rpm. Dari pengujian *weight loss* didapatkan efisiensi inhibitor terbaik sebesar 91.9 %, hasil ini didapatkan pada kondisi kecepatan 400 rpm dan konsentrasi inhibitor 250 ppm seperti yang ditunjukkan pada grafik gambar 4.6. Dimana efisiensi inhibitor mengalami peningkatan di hari ke – 10, 20, dan 30 dengan berbagai konsentrasi inhibitor. Namun peningkatan efisiensi inhibitor selama 30 hari tidak terjadi pada kondisi kecepatan aliran 200 rpm seperti yang ditunjukkan di gambar 4.5, efisiensi inhibitor menurun setelah 20 hari perendaman. Menurut Yawas (2013), permukaan spesimen baja dapat menjadi daerah yang cenderung mengikat air pada kondisi kecepatan aliran yang rendah, dan sebagai hasilnya daerah yang kelebihan air ini akan



menjadi daerah terkorosi. Sehingga keadaan ini cenderung meningkatkan laju korosi pada kondisi kecepatan aliran yang rendah. Selain itu adanya senyawa asam amino NH_3^+ cenderung menurunkan nilai efisiensi inhibitor (Ketis NK, 2010). Adapun pengaruh konsentrasi inhibitor dibawah 250 ppm pada kondisi berbagai kecepatan aliran menunjukkan nilai efisiensi inhibitor yang lebih rendah di hari ke – 30. Efisiensi inhibitor terendah terdapat pada spesimen baja yang direndam dalam larutan tanpa inhibitor obat parasetamol. Banyaknya konsentrasi inhibitor yang ditambahkan juga cenderung menaikkan sudut kontak dengan indikasi pembentukan film hidropobik oleh inhibitor. Meningkatnya sudut kontak juga bisa disebabkan adanya cincin *benzene* pada inhibitor (Parook, 2014)

Selain itu, dilakukan pengujian elektrokimia terhadap spesimen baja API 5L grade B pada larutan tanpa inhibitor dan dengan inhibitor obat parasetamol sebanyak 250 ppm. Didapatkan hasil pengujian elektrokimia tafel, laju korosi sesaat setelah ditambahkan inhibitor lebih tinggi dibandingkan dengan laju korosi tanpa penambahan inhibitor obat parasetamol. Peningkatan laju korosi ini menurut Papavinasam (2003) disebabkan karena adanya pengaruh senyawa nitrogen dalam inhibitor obat parasetamol yang bekerja secara lambat dan membutuhkan waktu untuk inhibitor bekerja secara stabil. Adanya senyawa nitrogen pada inhibitor obat parasetamol dibuktikan dengan hasil pengujian FTIR di tabel 4.2 dengan tipe *aromatic nitro*. Di sisi lain, dari pengujian EIS yang juga dilakukan diperoleh hasil tahanan polarisasi dengan adanya inhibitor obat parasetamol lebih besar daripada tanpa inhibitor. Namun hasil pengujian EIS ini tidak memberikan penjelasan mengenai mekanisme inhibisi obat parasetamol, sehingga dilakukan pendekatan perhitungan adsorpsi isothermal Langmuir terhadap mekanisme inhibisinya. Diperoleh hasil $\Delta G_{\text{ads}}^{\circ}$ berada pada range 20 kJ/mol atau lebih positif, sehingga adsorpsi yang terjadi cenderung secara fisisorpsi. Mekanisme inhibisi cenderung fisisorpsi karena terdapat senyawa O-H atau *phenol* pada permukaan spesimen baja yang direndam dalam larutan dengan konsentrasi inhibitor sebesar 250 ppm, sehingga inhibitor tersebut membentuk film hidrofobik. Hal ini



pun didukung dengan hasil FTIR spesimen baja yang direndam larutan inhibitor dimana terdapat 4 ikatan gugus fungsi yang berada pada range yang sama seperti yang ditampilkan di tabel 4.4, yaitu *primary alcohols*, *aromatic nitro*, *amino acid*, dan *phenolic* yang juga ditemukan di hasil FTIR obat parasetamol. Adapun pengamatan secara visual yang dilakukan, hasilnya terdapat permukaan spesimen baja API 5L grade B setelah direndam larutan dengan inhibitor yang berwarna hitam pekat seperti yang ditunjukkan gambar 4.8 (b). Pembentukan film hidrofobik ini terjadi karena bertambahnya konsentrasi molekul inhibitor dapat menggantikan molekul air yang bereaksi dengan spesimen baja, sehingga dapat menghambat laju korosi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari pengujian dan analisa yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa :

1. Inhibitor obat parasetamol yang dimasukkan di lingkungan asam pH 5 dengan pengaruh kecepatan aliran 400 rpm dan konsentrasi inhibitor 250 ppm dapat bekerja dengan baik. Dibuktikan dengan hasil pengujian *weight loss* didapatkan nilai efisiensi inhibitor parasetamol sebesar 91.96 %.
2. Mekanisme inhibisi obat parasetamol adalah bersifat fisisorpsi, dibuktikan dengan hasil perhitungan adsorpsi isothermal Langmuir yang berada di rentang -20 kJ/mol atau lebih positif yaitu sebesar -7.7 kJ/mol.

5.2 Saran

1. Diperlukan *rotating electrode* untuk pengujian elektrokimia supaya hasil pengujian yang diperoleh tidak mendapat banyak *noise*.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk memperoleh titik maksimum kecepatan aliran yang dilakukan untuk inhibitor obat parasetamol dapat bekerja.



(halaman sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad Z. 2006. **“Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control”**. Saudi Arabia : Elsevier Science and Technology

API. 2004. **“Specification for Line Pipe”**. Washington : American Petroleum Institute Publisahing

Coppen, P.P. 1983. **”The Use of Antioxidants”**. New York : Elsivier Applied Science

Fontana, Mars G., 1984. **Corrosion Engineering 3rd Edition**. New York: Mc Graw-Hill Book Company

Gordon, M.H 1990. **“The Mechanism of Antioxidants Action In Vitro”**. London : Elsivier Applied Science

Hamilton, R.J. 1983. **“The Chemistry of Rancidity in Foods. In J.C. Allen and R.J. Hamilton”**. London : editor. Rancidity in Foods. Applied Science Publisher

Jiang X. 2005. **“Effect of Flow Velocity and entrained sand on inhibition performances of two inhibitors for CO₂ Corrosion of N80 Steel in 3% NaCl Solution”**. Mexico : Elsevier Corrosion Science

Lopes Sesenes R. 2012. **“Effect of Flowing Conditions on the Corrosion Inhibition of Carbon Steel by Extract of Buddleia Perfoliata”**. Mexico : International Journal of Electrochemical Science

Mistry, BD. 2009. **“A Handbook of Spectroscopy Data”**. Jaipur : Oxford Book Company

Musa. 2011. **“Determination of Mild Steel Corrosion rate under Turbulent Flow in Highly Acidic Solution”**. Malaysia : Journal Applied Sciences

Nwosu. 2014. **“Acidic Corrosion Inhibition of *Piper guineense* Seed Extract on Al Alloy”**. America : American Journals of Material

Omyma. 2011. **“Corrosion Inhibition of Some Organic Compounds on Low Carbon Steel in Hydrochloric Acid Solution”**. Portugal : International Year of Chemistry

Papavinasam. 2003. **“Corrosion Inhibitors”**. New Jersey : John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved

Parook. 2014. **“Effect of Benzotriazole on Corrosion Inhibition of Copper under Flow Conditions”**. India : Elsevier Journal of Environmental Chemical Engineering

Pierre R. Roberge. 2000. **Handbook of Corrosion Engineering**. USA : The McGraw-Hill Companies, Inc

Pine Instrumentation. 2006. **“Study of Mass- Transport Limited Corrosion Using Pine Rotated Cylinder Electrodes”**. North Calorina ; Pine Research Instrumentation

Revie R. Winston. 2007. **“Uhlig’s Corrosion Handbook”**. New Jersey : John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved

Shanbhag. 2011.” **Inhibition effects of acetyl coumarines and thiazole derivatives on corrosion of zinc in acidic medium”**. India : Indian Academy of Science

Trethewey, K.R. dan J. Chamberlain. 1991. **Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan**. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama

Vaszilcsin, N. 2012. **"Corrosion Inhibitors from Expired Drug"**. London. Elsevier Applied Science

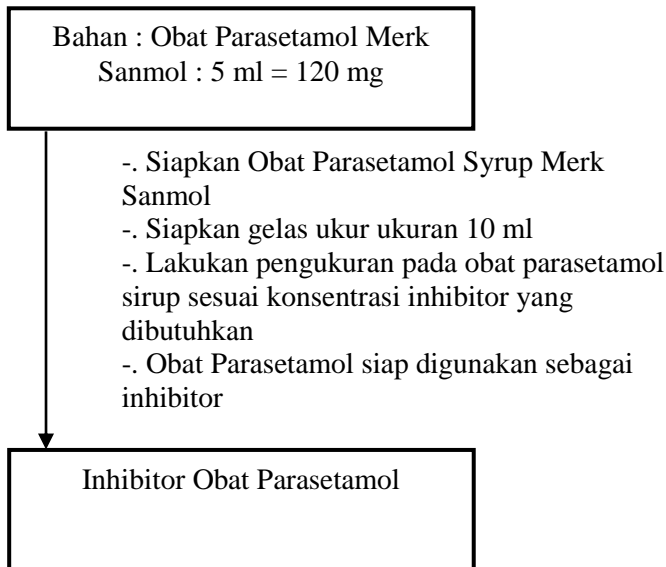
Winarsi, Hery.2007. **"Antioksidan Alami dan Radikal Bebas"**. Yogyakarta: Percetakan Kanisius

Yawas D. S. 2013. **"Investigation of inhibitor performance on corrosion rate of low carbon steel under flow condition"**. Nigeria: World Journal of Engineering and Physical Sciences Vol. 1

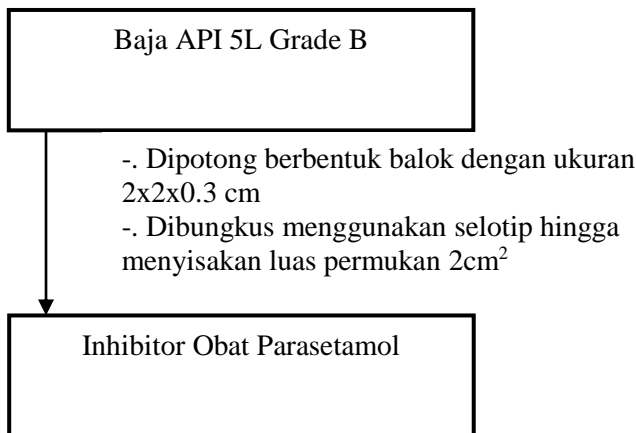
(halaman sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN A

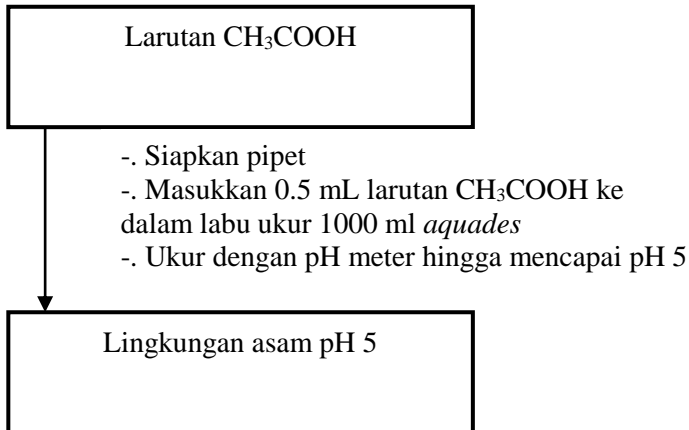
1. Pengukuran Inhibitor Obat Parasetamol



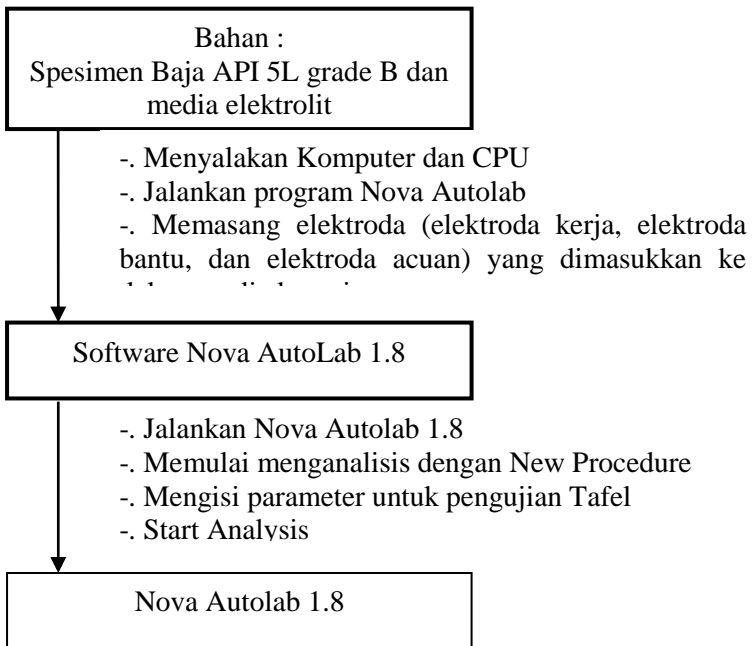
2. Pembuatan Elektroda Kerja



3. Pembuatan Media Korosi (CH₃COOH)



4. Metode Tafel



Nova Autolab 1.8

-. Setelah selesai pengujian, pengolahan data dapat dilakukan dengan menarik titik – titik pada kurva hasil uji tafel. Kemudian didapatkan nilai I_{corr} dan E_{corr} , serta laju korosi.

Nilai I_{corr} , E_{corr} , dan *Corrosion Rate*

5. Perhitungan Inhibitor

Diketahui :

1. Larutan CH_3COOH dengan pH 5 = 1 Liter
2. Kandungan Parasetamol dalam 5 ml = 120 mg

Ditanya : Berapa banyak Obat Parasetamol yang dimasukkan ke dalam 1 Liter larutan CH_3COOH untuk setiap konsentrasi 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm, dan 250 ppm ?

Jawab :

5 ml mengandung 120 mg, maka 1 ml sama dengan :

$$\frac{5}{120} = 0.0416 \text{ mg}$$

Maka,

- $\frac{1 \text{ L}}{x} = 100 \text{ ppm}$

$$x = 100 \rightarrow 0.0416 \times 100 = 4.16 \text{ ml}$$

- $\frac{1 \text{ L}}{x} = 150 \text{ ppm}$

$$x = 150 \rightarrow 0.0416 \times 150 = 6.24 \text{ ml}$$

- $\frac{1 \text{ L}}{x} = 200 \text{ ppm}$

$$x = 200 \rightarrow 0.0416 \times 200 = 8.32 \text{ ml}$$

$$\bullet \quad \frac{1 \text{ L}}{x} = 250 \text{ ppm}$$

$$x = 250 \rightarrow 0.0416 \times 250 = 10.4 \text{ ml}$$

6. Perhitungan Kecepatan Aliran

Diketahui :

Kecepatan aliran = 200 rpm dan 400 rpm

Diameter *Cylinder* = 10.5 cm = 0.105 m

ρ = 1.0549 g/cm³

μ = 0.0122

Ditanya : Kecepatan Linier dan *Reynold Number* saat 200 rpm dan 400 rpm ?

Jawab :

$$V = r \times \omega$$

$$V = r \times \text{RPM} \times 0.10472$$

$$\text{Reynolds Number} = \frac{U_{cyl} D_{cyl} \rho}{\mu}$$

dimana, dengan kecepatan aliran 200 rpm diperoleh kecepatan linier V sebesar :

$$v = r \times \text{RPM} \times 0.10472$$

$$v = 0.0525 \times 200 \times 0.10472$$

$$v = 1.09 \text{ m/s}$$

dari kecepatan linier kita dapat menghitung nilai Re pada kecepatan aliran 200 rpm dengan persamaan :

$$\text{Reynolds Number} = \frac{U_{cyl} D_{cyl} \rho}{\mu}$$

$$\text{Reynolds Number} = \frac{1.09 \times 0.105 \times 1.0549}{0.00115}$$

$$\text{Reynolds Number} = 104.98$$

Jadi, Kecepatan linier dan *Reynold Number* pada 400 rpm didapatkan masing – masing sebesar 1.09 m/s dan 104.98.

Menurut *Pine Instrument*, dengan *Reynold Number* kurang dari 200 maka alirannya laminar.

kemudian dengan kecepatan aliran 400 rpm diperoleh kecepatan linier V sebesar :

$$v = r \times \text{RPM} \times 0.10472$$

$$v = 0.0525 \times 400 \times 0.10472$$

$$v = 2.19 \text{ m/s}$$

dari kecepatan linier kita dapat menghitung nilai Re pada kecepatan aliran 400 rpm dengan persamaan :

$$\text{Reynolds Number} = \frac{U_{cyl} D_{cyl} \rho}{\mu}$$

$$\text{Reynolds Number} = \frac{2.19 \times 0.105 \times 1.0549}{0.00115}$$

$$\text{Reynolds Number} = 210.93$$

Jadi, Kecepatan linier dan *Reynold Number* pada 400 rpm didapatkan masing – masing sebesar 2.19 m/s dan 210.93. Menurut *Pine Instrument*, dengan *Reynold Number* lebih dari 200 maka alirannya turbulent.

7. Perhitungan Media Elektrolit

$$M = \frac{n}{v}$$

$$n = \frac{\text{massa zat}}{Mr}$$

CH_3COOH memiliki $\rho = 1.0549 \text{ g/cm}^3$ atau g/mL

Dengan kadar 98 % , 1 mL $\text{CH}_3\text{COOH} = 1.0549 \text{ gram}$, maka :

$$98\% \times 1.0549 = 1.033802 \text{ gr} = 1 \text{ mL}$$

$$n = \frac{1.033802}{60}$$

$$n = 0.017$$

$$M = \frac{0.017}{1 \text{ L}}$$

$$M = 0.017$$

untuk mencari pH = 5 pada larutan CH₃COOH dan aquades, maka digunakan persamaan :

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$1 \times 10^{-5} = V_2 \times 0.017$$

$$V_2 = 5 \times 10^{-4} \text{ L} = 0.5 \text{ mL}$$

LAMPIRAN B

Kecepatan Aliran (rpm)	Konsentrasi Inhibitor (ppm)	Waktu (Hari)	W awal	W akhir	Laju Korosi (mpy)	IE%
0	0	10	11.13	11.09	0.0028	0.00
		20	11.10	11.01	0.0032	0.00
		30	10.91	10.77	0.0033	0.00
	100	10	10.60	10.57	0.0021	25.00
		20	10.72	10.67	0.0018	44.44
		30	10.77	10.71	0.0014	57.14
	150	10	10.94	10.92	0.0014	50.00
		20	10.88	10.84	0.0014	55.56
		30	10.94	10.89	0.0012	64.29
	200	10	11.05	11.03	0.0014	50.00
		20	11.07	11.03	0.0014	55.56
		30	10.84	10.80	0.0009	71.43
	250	10	11.16	11.14	0.0014	50.00
		20	11.22	11.19	0.0011	33.33
		30	11.35	11.31	0.0009	57.14
200	0	10	10.64	10.52	0.0085	0.00
		20	10.91	10.40	0.0180	0.00
		30	11.13	10.57	0.0132	0.00
	100	10	11.26	11.18	0.0057	38.46
		20	10.64	10.52	0.0042	76.39
		30	11.24	11.00	0.0058	56.46
	150	10	10.35	10.27	0.0058	36.38
		20	10.91	10.67	0.0087	51.78
		30	10.67	10.38	0.0068	48.90
	200	10	11.10	11.04	0.0040	56.31
		20	10.61	10.49	0.0041	77.30
		30	11.17	11.02	0.0037	44.56
	250	10	11.07	10.96	0.0077	-26.58
		20	10.64	10.50	0.0048	91.13
		30	10.65	10.49	0.0038	42.92
400	0	10	10.64	10.56	0.0053	0.00
		20	10.67	10.40	0.0096	0.00
		30	11.72	11.10	0.0145	0.00
	100	10	11.21	11.09	0.0079	-48.60
		20	10.99	10.88	0.0039	59.35
		30	11.48	11.36	0.0028	80.64
	150	10	11.17	11.06	0.0079	-48.07
		20	11.24	11.08	0.0057	40.13
		30	10.58	10.42	0.0037	74.89
	200	10	10.90	10.84	0.0039	-47.54
		20	11.13	10.99	0.0050	22.17
		30	10.54	10.37	0.0040	90.72
	250	10	10.52	10.46	0.0046	-73.64
		20	11.33	11.20	0.0046	27.99
		30	11.02	10.87	0.0035	91.96

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Reigina Zhazha Anastacia dan lahir di Malang bulan Agustus. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Albertus Tohari dan Tri Elly Agustin Markani. Penulis melakukan studi formal bermula dari SDK Cor Jesu Malang, SMPK Cor Jesu Malang, SMAN 8 Malang dan sampai sekarang pada Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya pada tahun

2011. Pada tahun 2012-2013, penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Material Dan Metalurgi dan dilanjutkan pada tahun 2013-2014 penulis menjadi Sekretaris Departemen Dalam Negeri. Penulis melakukan kerja praktek di PT Badak LNG. Di perusahaan tersebut, penulis meneliti mengenai Analisa Keretakan pada Pengelasan Pipa Plant 1. Hingga akhir ini, penulis mengambil studi mengenai tugas akhir penulis pada bidang korosi dan kegagalan material pada jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS. Penulis memiliki email yang dapat dihubungi yaitu reiginaanastacia@gmail.com.

Pengaruh Kecepatan Aliran dan Konsentrasi Inhibitor Obat Parasetamol terhadap Proteksi Korosi Baja API 5L Grade B di Lingkungan Asam pH 5

Reigina Zhazha Anastacia, Budi Agung Kurniawan, ST., M.Sc

Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail : agung_bak@mat-eng.its.ac.id

Abstrak— Korosi merupakan salah satu masalah utama penyebab terjadinya kerusakan pada peralatan industri. Beberapa faktor dapat menjadi penyebab korosi, yaitu adanya aliran. Salah satu cara untuk mengendalikan korosi adalah dengan menambahkan suatu zat kimia dalam jumlah sedikit ke dalam suatu lingkungan atau biasa disebut inhibitor. Pada penelitian ini akan digunakan obat parasetamol (N-acetyl-4-aminophenol) yang mengandung senyawa phenol sebagai inhibitor terhadap proteksi korosi baja API 5L grade B di media lingkungan asam pH 5 dengan adanya pengaruh aliran dan konsentrasi inhibitor. Digunakan kecepatan aliran 0 rpm, 200 rpm, dan 400 rpm serta konsentrasi inhibitor 0 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm, dan 250 ppm. Untuk mengetahui pengaruh dan mekanisme inhibitor obat parasetamol dilakukan melalui pengujian weight loss, polarisasi tafel, pengujian elektrokimia impedansi dan perhitungan adsorpsi isothermal Langmuir. Hasil yang didapatkan inhibitor obat parasetamol mampu bekerja pada kecepatan aliran sampai dengan 400 rpm dibuktikan dengan efisiensi inhibitor yang diperoleh sebesar 91.9 % pada kondisi kecepatan aliran 400 rpm dan konsentrasi inhibitor 250 ppm. Mekanisme inhibisi obat parasetamol cenderung bersifat fisisorpsi berdasarkan hasil perhitungan adsorpsi isotherm Langmuir sebesar -7.7 kJ/mol.

Kata Kunci—Parasetamol; Aliran; API 5L grade b; Adsorpsi Isotherm

I. PENDAHULUAN

Korosi merupakan salah satu permasalahan terbesar yang terjadi pada dunia industri minyak dan gas, terutama di peralatan dan perpipaan. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi korosi adalah aliran fluida di dalam pipa. Pipa memiliki peran penting di dalam perpindahan gas dan aliran. Salah satu faktor yang mempengaruhi korosi adalah karena adanya efek aliran.

Korosi tidak dapat dihindari atau dihilangkan, namun dapat dikendalikan dengan menambahkan senyawa

roteksi korosi. Senyawa proteksi korosi ini berupa larutan atau inhibitor dimana evaporasi dari larutan atau inhibitor tersebut menyebabkan adanya lapisan tipis untuk melindungi logam.

Inhibitor korosi disebut sebagai suatu zat yang apabila ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam lingkungan akan menurunkan serangan korosi terhadap struktur baja.

Salah satu alternatif adalah obat parasetamol. Obat parasetamol umumnya digunakan untuk mengobati nyeri kepala, nyeri ringan hingga sedang, dan nyeri paska melahirkan dan keadaan – keadaan lain. Pada obat parasetamol ini terdapat senyawa *acetaminophen* yang merupakan senyawa antioksidan, pada senyawa ini terdapat gugus *phenol* dan amino sehingga sering disebut dengan senyawa amino fenol. Senyawa *acetaminophen* ini termasuk jenis antioksidan karena dapat menghambat reaksi berantai yang disebabkan oleh radikal bebas.

Berdasarkan hal itu, dalam penelitian kali ini, peneliti akan memanfaatkan senyawa antioksidan yang terkandung didalam obat parasetamol (*acetaminophen*) sebagai zat inhibitor korosi yang diaplikasikan pada baja API 5 L Grade B dengan kecepatan aliran pada kondisi lingkungan asam pH 5

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Preparasi

Sampel yang digunakan adalah baja karbon API 5L grade B. Sampel untuk uji potensiostat polarisasi dan elektrokimia dipreparasi masing – masing berbentuk persegi dengan luas permukaan 2 cm², sedangkan spesimen untuk uji weight loss berbentuk balok dengan luas permukaan 4,09 in². Setelah itu, spesimen dibersihkan dari korosi yang ada di permukaan dengan metode *pickling* atau perendaman menggunakan HCl 1 M selama 15 menit, kemudian dibersihkan dengan air sabun supaya tidak ada larutan HCl 1 M yang tersisa di permukaan spesimen.

Variabel konsentrasi Inhibitor pada penelitian ini adalah sebesar 0 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm, dan 250 ppm. Pada variabel konsentrasi 100 ppm, obat parasetamol sirup yang digunakan adalah sebesar 4,16 ml. Penelitian ini menggunakan larutan CH₃COOH sebesar 98%. CH₃COOH

yang digunakan sebesar 0.5 mL yang kemudian dilarutkan kedalam 1000 mL aquades.

B. Pengujian

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui efisiensi inhibitor terhadap waktu perendaman. Media yang digunakan adalah lingkungan asam pH 5 yang mengandung CH_3COOH . Sampel yang digunakan berukuran $2\text{cm} \times 2\text{cm} \times 0.3\text{cm}$. Pengujian ini dilakukan selama 10 hari, 20 hari, 30 hari pada variabel konsentrasi 250 ppm dan variabel tanpa penambahan inhibitor dengan pengaruh kecepatan aliran di lingkungan asam pH 5. Pengujian potensiostat dilakukan dengan metode tafel untuk mengetahui laju korosi di 0 hari. Pengujian ini menggunakan 3 elektrode yaitu, platina sebagai elektrode bantu, SCE (*Saturated Calomel Electrode*) sebagai elektrode reference, baja API 5L grade B sebagai elektrode kerja.

Pengujian tafel ini digunakan untuk mendapatkan nilai laju korosi pada baja API 5L Grade B di lingkungan asam pH 5 dengan pengaruh kecepatan aliran. Adapun parameter pengujian tafel yang digunakan bisa dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 1. Parameter Pengujian Tafel	
Elektrode Kerja	API 5L Grade B
Equivalent Weight (g)	27.925
Densitas (g/ml)	7.86
Luasan Terekspos (cm ²)	2
Counter Electrode	Platina
Reference Electrode	SCE
Scan Rate (V/s)	0,1
Sweep Range	0.1 – 1000
Start Potential (V)	-0,02 vs Ecorr
Finish Potential (V)	+0,02 vs Ecorr

Kemudian spesimen baja API 5L grade B dijepitkan pada alat EIS dan dianalisa dengan menggunakan alat Autolab PGT84948. Sebelum pengujian EIS dilakukan pengaturan frekuensi dari 0.1 Hz sampai 100000 Hz, dengan mencari sebanyak 50 titik. Kemudian dilakukan fitting untuk memperoleh data CPE, R_s dan R_p . Pada pengujian EIS ini digunakan stirrer untuk variasi kecepatan aliran. Spesimen baja yang digunakan dalam pengujian ini berdiameter 10 mm dan di *mounting* dengan resin. Pengujian FTIR ini dilakukan untuk menganalisa kandungan inhibitor obat parasetamol dan spesimen baja API 5L grade B dengan efisiensi inhibitor terbaik. Pengujian ini menghasilkan kurva panjang gelombang dengan intensitas tertentu untuk menentukan ikatan yang ada di kedua sample tersebut. Pengujian ini dilakukan pada obat parasetamol syrup dan sampel yang telah dilakukan uji *weight loss* selama 30 hari dengan penambahan inhibitor sebesar 250 ppm. Adsorpsi isothermal menjelaskan tentang mekanisme dari inhibitor korosi. Adsorpsi pada permukaan yang solid dapat digolongkan menjadi dua yaitu fisisorpsi dan chemisorpsi bergantung pada kekuatan interaksi antara permukaan dan molekul teradsorpsi. Hubungan antara efisiensi inhibitor dan konsentrasi inhibitor pada temperatur konstan diketahui sebagai isotherm. Persamaan adsorpsi isotherm Langmuir seperti dibawah ini :

$$\theta = \frac{\text{Weight Loss}_{\text{uninhibited}} - \text{Weight Loss}_{\text{inhibited}}}{\text{Weight Loss}_{\text{uninhibited}}} \quad (1)$$

$$K_{\text{ads}} = \frac{\theta}{C(1 - \theta)} \quad (2)$$

$$\Delta G^{\circ}_{\text{ads}} = -RT \ln(55.5 \times K_{\text{ads}}) \quad (3)$$

Dimana K_{ads} = konstanta kesetimbangan adsorpsi

C = konsentrasi inhibitor

θ = *surface coverage*

$\Delta G^{\circ}_{\text{ads}}$ = energi bebas Gibbs (kJ/mol)

R = konstanta gas (8.314 J/mol K)

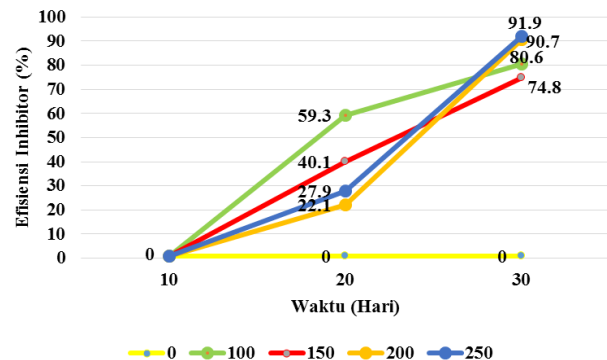
55.5 = nilai konstan konsentrasi air

Jika diperoleh hasil $\Delta G^{\circ}_{\text{ads}}$ dengan nilai lebih positif dari -20 kJ/mol, sehingga diperkirakan absorpsi yang terjadi secara fisisorpsi. Namun jika rentang nilai $\Delta G^{\circ}_{\text{ads}}$ antara -20 kJ/mol hingga -40 kJ/mol diperkirakan adsorpsi yang terjadi adalah. Jika nilai $\Delta G^{\circ}_{\text{ads}}$ lebih negative dari -40 kJ/mol maka adsorpsi yang terjadi chemisorpsi. Persamaan Langmuir digunakan pada adsorpsi homogeny dan *monolayer* (ketebalan satu molekul) (Nwosu, 2014).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Weight Loss

Gambar 1 menunjukkan perbandingan laju korosi antara proses pengujian korosi menggunakan metode tafel dengan metode *weight loss*. Pengujian tafel pada pH 5 didapat variabel konsentrasi optimum terhadap penurunan laju korosi adalah 100 ppm. Variabel konsentrasi tersebut dibuktikan pada proses pengujian *weight loss* dan dibandingkan dengan variabel tanpa penambahan inhibitor (0 ppm). Pada sampel 10 hari, 20 hari, 30 hari dengan variabel konsentrasi 100 ppm, laju korosinya lebih rendah bila dibandingkan variabel tanpa penambahan inhibitor. Hal ini menunjukkan bahwa inhibitor suplemen vitamin c mampu menghambat dari serangan korosi.

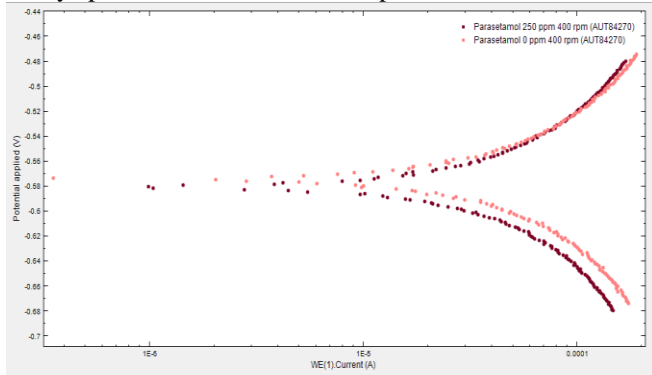


Gambar 1. Perbandingan Laju korosi pada pengujian tafel dengan *weight loss* pada pH 5

B. Hasil Pengujian Metode Tafel

Hasil Pengujian Tafel dengan pengaruh kecepatan aliran dan konsentrasi inhibitor di lingkungan asam pH 5. Dari kurva

tafel pada gambar 2 didapatkan hasil polarisasi tanpa penambahan konsentrasi inhibitor 0 ppm yaitu nilai open circuit potential (OCP) sebesar -0.574, laju korosi sebesar 12.32 mpy, dan icorr 27.2660 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$. Selain itu, hasil polarisasi dengan penambahan konsentrasi inhibitor sebesar 250 ppm didapatkan hasil OCP sebesar -0.579, laju korosi 21.22 mpy, dan icorr 47.3160 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$. Laju korosi cenderung meningkat pada pengujian metode tafel kondisi 0 hari, setelah adanya penambahan inhibitor obat parasetamol



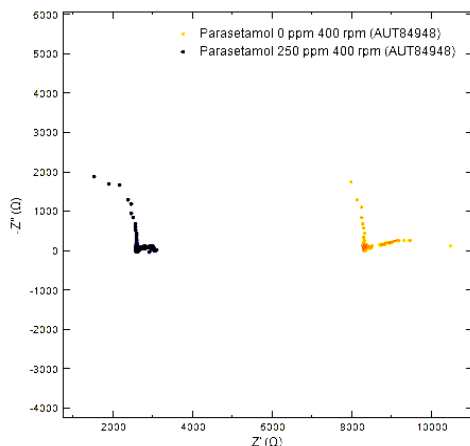
Gambar 2. Hasil Kurva Tafel sampel baja API L grade B dengan Inhibitor Parasetamol 0 ppm dan 250 ppm

Tabel 2 Hasil Pengujian korosi dengan Metode Tafel

pH	Konsentrasi Inhibitor (ppm)	E (i=0) (mV/SCE)	Icorr (mA/cm ²)	CR (mpy)	CR(mm/year)	IE(%)
5	0	-573.43	27.266	12.32	0.31683	0
	250	-580.66	47.316	21.22	0.54981	-73.53

C. Hasil Pengujian Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)

Tabel 3 menunjukkan bahwa tahanan polarisasinya meningkat seiring dengan adanya inhibitor yang ditambahkan. Namun tahanan larutannya menurun saat inhibitor ditambahkan dalam sistem. Tahanan polarisasi yang meningkat menunjukkan adanya aksi inhibisi (Shanbhag,2011). Namun tahanan larutan yang menurun mengindikasikan larutan dengan inhibitor belum bekerja untuk menghambat korosi pada spesimen baja. Dikaitkan dengan hasil pengujian polarisasi Tafel, hasil tahanan larutan ini menunjukkan bahwa inhibitor belum bisa bekerja sesaat setelah ditambahkan ke dalam larutan.



Gambar 3. Kurva Nyquist untuk sampel dengan konsentrasi inhibitor obat parasetamol 0 ppm dan 250 ppm

Tabel 3. Hasil Pengujian EIS

Medium	Inhibitor (ppm)	R _s (kΩ.cm ²)	CP E (N)	CPE Y (μMho)	R _p (kΩ.cm ²)
Parasetamol dalam lingkungan asam pH 5	0	8.28	0.494	459	1.55
	250	2.57	0.663	506	399

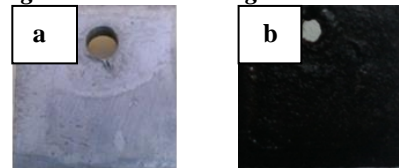
D. Hasil Pengujian Fourier Transform Infra Red (FTIR)

Tabel 4. Perbandingan Hasil FTIR pada Inhibitor Obat Parasetamol Sanmol dan Spesimen Baja API 5L Grade B dengan penambahan konsentrasi inhibitor 250 ppm

No.	Daerah Wavelength (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi Sanmol	Gugus Fungsi Spesimen Baja	Tipe
1.	1036.82	1075 - 1000	Primary Alcohols	C-OH str.
2.	1361.06	1370 - 1310	Aromatic Nitro	NO ₂
3.	1615.31	1660 - 1610	Amino Acid Containing NH ₂ group	NH ₃ ⁺
4.	3230	3400 - 3230	Phenolic	O - H str.

Bila dibandingkan hasil FTIR pada tabel 4 hasil pengujian FTIR dari spesimen baja dengan penambahan konsentrasi 250 ppm. Dimana dari hasil tersebut diperoleh *peak* dengan tipe *primary alcohols*, *aromatic nitro*, *amino acid*, dan *phenolic*.

E. Hasil Pengamatan Visual Weight Loss



Gambar 4. Hasil Uji Weight Loss Secara Visual (a) permukaan spesimen awal (b) permukaan spesimen dengan inhibitor

Dari hasil pengujian *weight loss* pada gambar 4 (a) terlihat permukaan spesimen awal baja API 5L grade B cenderung berwarna putih dan gambar 5 (b) menunjukkan permukaan spesimen baja API 5L grade B setelah penambahan konsentrasi inhibitor berwarna hitam pekat. Permukaan berwarna hitam pekat ini tidak ditemukan pada spesimen awal baja API 5L grade B, sehingga diperkirakan permukaan berwarna hitam pekat ini merupakan film tipis yang terbentuk pada spesimen baja API 5L grade B karena adanya penempelan inhibitor di permukaannya didukung dengan hasil pengujian FTIR pada tabel 4.

F. Hasil Perhitungan Adsorpsi Isothermal Langmuir

Berdasarkan hasil perhitungan Adsorpsi Isothermal Langmuir diatas didapatkan hasil ΔG°_{ads} sebesar 7.7 kJ/mol. Dimana menurut teori adsorpsi isothermal, jika nilai ΔG°_{ads} yang didapatkan bernilai -20 kJ/mol atau lebih positif, maka termasuk dalam fisisorpsi.

G. Pembahasan

Obat parasetamol dapat bekerja dengan pengaruh kecepatan aliran sampai dengan 400 rpm dan konsentrasi inhibitor, dibuktikan dengan hasil pengujian *weight loss* didapatkan hasil efisiensi inhibitor terbaik terjadi saat konsentrasi inhibitor sebesar 250 ppm dan kecepatan aliran 400 rpm. Mekanisme inhibisi obat parasetamol cenderung bersifat fisisorpsi. Hal ini didapatkan dari perhitungan adsorpsi isothermal Langmuir, diperoleh hasil ΔG°_{ads} dengan nilai lebih positif dari -20 kJ/mol, yaitu -7.7 kJ/mol. Hal ini pun didukung dengan hasil FTIR dimana terdapat 4 ikatan gugus fungsi yang berada pada range yang sama seperti yang ditampilkan di tabel 4, yaitu *primary alcohols, aromatic nitro, amino acid, dan phenolic*. Adapun pengamatan secara visual yang dilakukan, hasilnya adalah adanya permukaan spesimen baja API 5L grade B yang berwarna hitam pekat. Kemudian hasil pengujian tafel, laju korosi terhadap spesimen baja API 5L grade B yang ditambahkan konsentrasi inhibitor sebesar 250 ppm lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen tanpa inhibitor menunjukkan bahwa korosi masih terjadi diawal hingga inhibitor obat parasetamol mencapai titik kestabilan di hari ke -30 dengan hasil efisiensi inhibitor yang terbaik.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa

1. Inhibitor obat parasetamol mampu menghambat laju korosi pada baja API 5L grade B di lingkungan asam pH 5 dengan pengaruh kecepatan aliran sampai 400 rpm dan konsentrasi inhibitor. Dibuktikan dengan hasil pengujian *weight loss*. Hasil yang didapatkan berupa nilai efisiensi inhibitor parasetamol sebesar 91.96% pada kondisi kecepatan aliran 400 rpm dan konsentrasi inhibitor 250 ppm.
2. Mekanisme inhibisi obat parasetamol adalah bersifat fisisorpsi, dibuktikan dengan hasil perhitungan adsorpsi isothermal Langmuir yang berada di rentang -20 kJ/mol atau lebih positif yaitu sebesar -7.7 kJ/mol.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad Z. 2006. **"Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control"**. Saudi Arabia : Elsevier Science and Technology
 Coppen, P.P. 1983. **"The Use of Antioxidants"**. New York : Elsevier Applied Science
 Fontana, Mars G., 1984. **Corrosion Engineering 3rd Edition**. New York: Mc Graw-Hill Book Company

Gordon, M.H 1990. **"The Mechanism of Antioxidants Action In Vitro"**. London : Elsevier Applied Science
 Hamilton, R.J. 1983. **"The Chemistry of Rancidity in Foods. In J.C. Allen and R.J. Hamilton"**. London : editor. Rancidity in Foods. Applied Science Publisher
 Jiang X. 2005. **"Effect of Flow Velocity and entrained sand on inhibition performances of two inhibitors for CO₂ Corrosion of N80 Steel in 3% NaCl Solution"**. Mexico : Elsevier Corrosion Science
 Lopes Sesenes R. 2012. **"Effect of Flowing Conditions on the Corrosion Inhibition of Carbon Steel by Extract of Buddleia Perfoliata"**. Mexico : International Journal of Electrochemical Science
 Musa. 2011. **"Determination of Mild Steel Corrosion rate under Turbulent Flow in Highly Acidic Solution"**. Malaysia : Journal Applied Sciences
 Nwosu. 2014. **"Acidic Corrosion Inhibition of Piper guineense Seed Extract on Al Alloy"**. America : American Journals of Material
 Omyma. 2011. **"Corrosion Inhibition of Some Organic Compounds on Low Carbon Steel in Hydrochloric Acid Solution"**. Portugal : International Year of Chemistry
 Papavinasam. 2003. **"Corrosion Inhibitors"**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved
 Parook. 2014. **"Effect of Benzotriazole on Corrosion Inhibition of Copper under Flow Conditions"**. India : Elsevier Journal of Environmental Chemical Engineering
 Pierre R. Roberge. 2000. **Handbook of Corrosion Engineering**. USA : The McGraw-Hill Companies, Inc
 Pine Instrumentation. 2006. **"Study of Mass- Transport Limited Corrosion Using Pine Rotated Cylinder Electrodes"**. North Carolina ; Pine Research Instrumentation
 Revie R. Winston. 2007. **"Uhlig's Corrosion Handbook"**. New Jersey : John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved
 Shanbhag. 2011. **"Inhibition effects of acetyl coumarines and thiazole derivatives on corrosion of zinc in acidic medium"**. India : Indian Academy of Science
 Trethewey, K.R. dan J. Chamberlain. 1991. **Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan**. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama
 Vaszilcsin, N. 2012. **"Corrosion Inhibitors from Expired Drug"**. London. Elsevier Applied Science
 Winarsi, Hery. 2007. **"Antioksidan Alami dan Radikal Bebas"**. Yogyakarta: Percetakan Kanisius
 Yawas D. S. 2013. **"Investigation of inhibitor performance on corrosion rate of low carbon steel under flow condition"**. Nigeria: World Journal of Engineering and Physical Sciences Vol. 1

PENGARUH KECEPATAN ALIRAN DAN KONSENTRASI INHIBITOR OBAT PARACETAMOL TERHADAP PROTEKSI KOROSI BAJA KARBON API 5L GRADE B PADA LINGKUNGAN ASAM pH 5

REIGINA ZHAZHA ANASTACIA – 2711 100 136

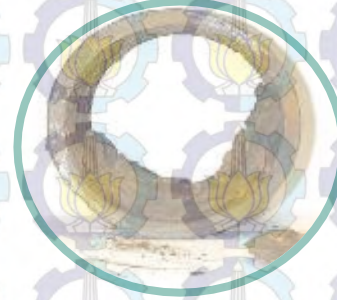
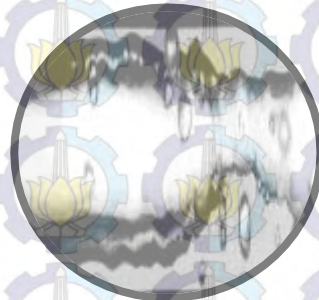
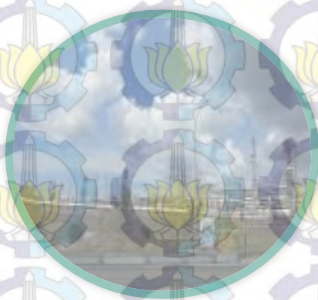
OUTLINE

- Pendahuluan
- Tinjauan Pustaka
- Metodologi Percobaan
- Hasil Penelitian dan Pembahasan
- Kesimpulan dan Saran



Pendahuluan

Latar Belakang



Pendahuluan – Rumusan Masalah

- Bagaimana pengaruh kecepatan aliran dan konsentrasi inhibitor obat parasetamol terhadap perilaku korosi baja karbon API 5L grade B di lingkungan asam pH 5?
- Bagaimana mekanisme inhibisi obat parasetamol terhadap perilaku korosi baja karbon rendah API 5L Grade B dengan kecepatan aliran dan konsentrasi inhibitor di lingkungan asam pH 5?

Pendahuluan – Batasan Masalah

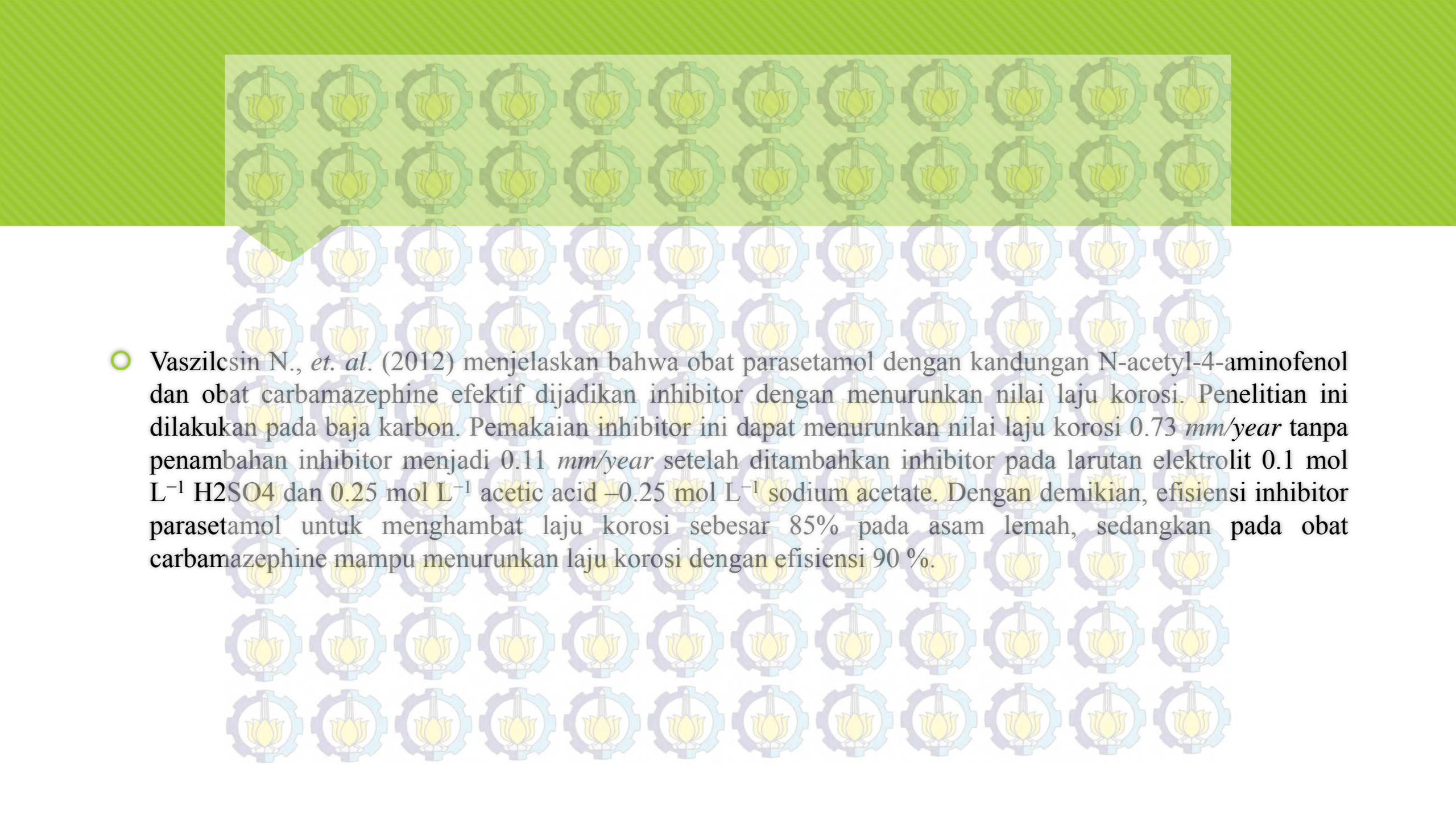
- Komposisi lain yang terkandung dalam obat paracetamol dianggap tidak mempengaruhi kinerja inhibitor.
- Material baja API 5L Grade B dianggap homogen dan bebas cacat.
- Kehalusan dari permukaan tiap – tiap specimen dianggap homogen.
- Tidak ada perubahan yang terjadi pada kecepatan aliran dan pH

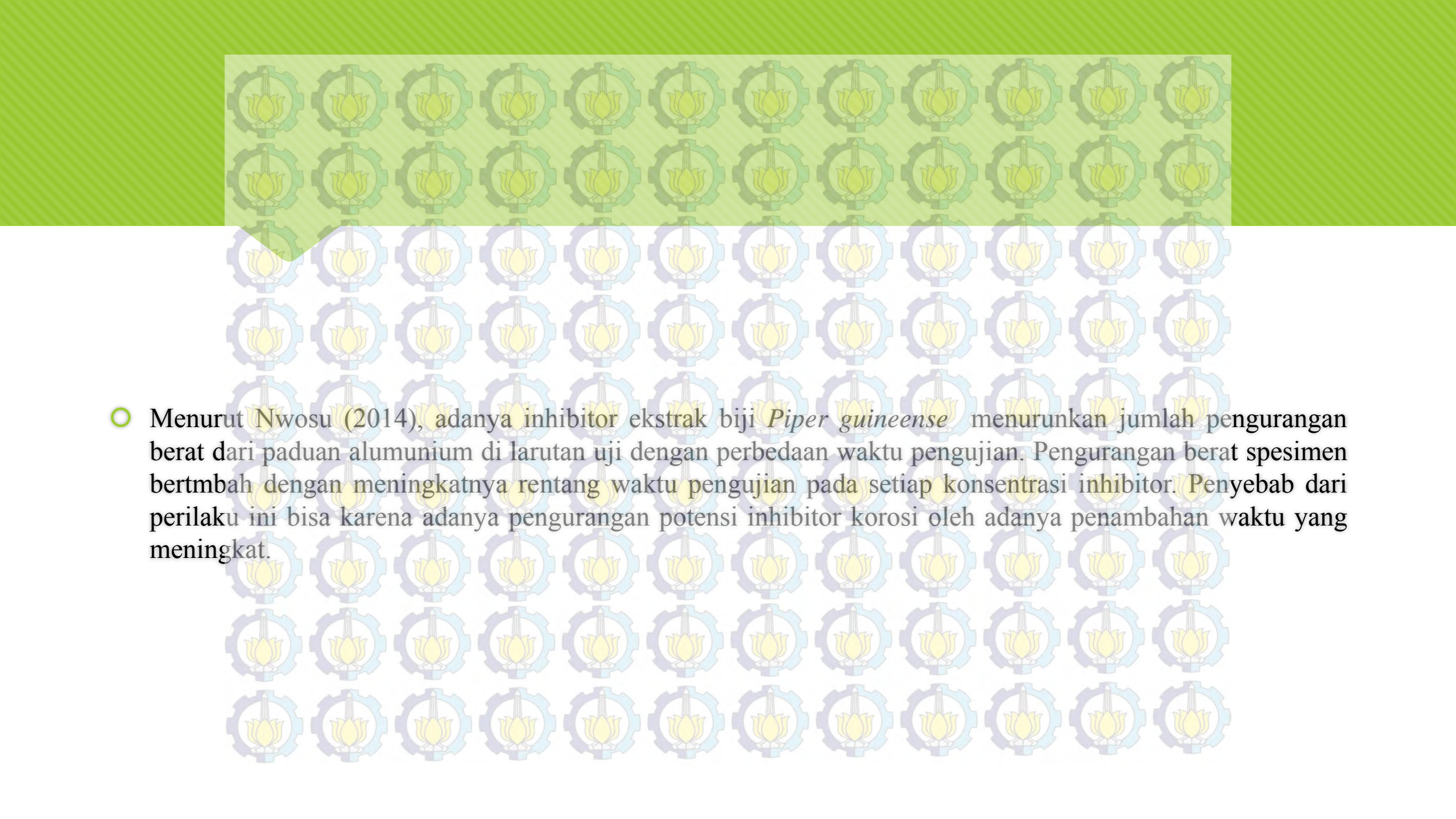
Pendahuluan – Tujuan Penelitian

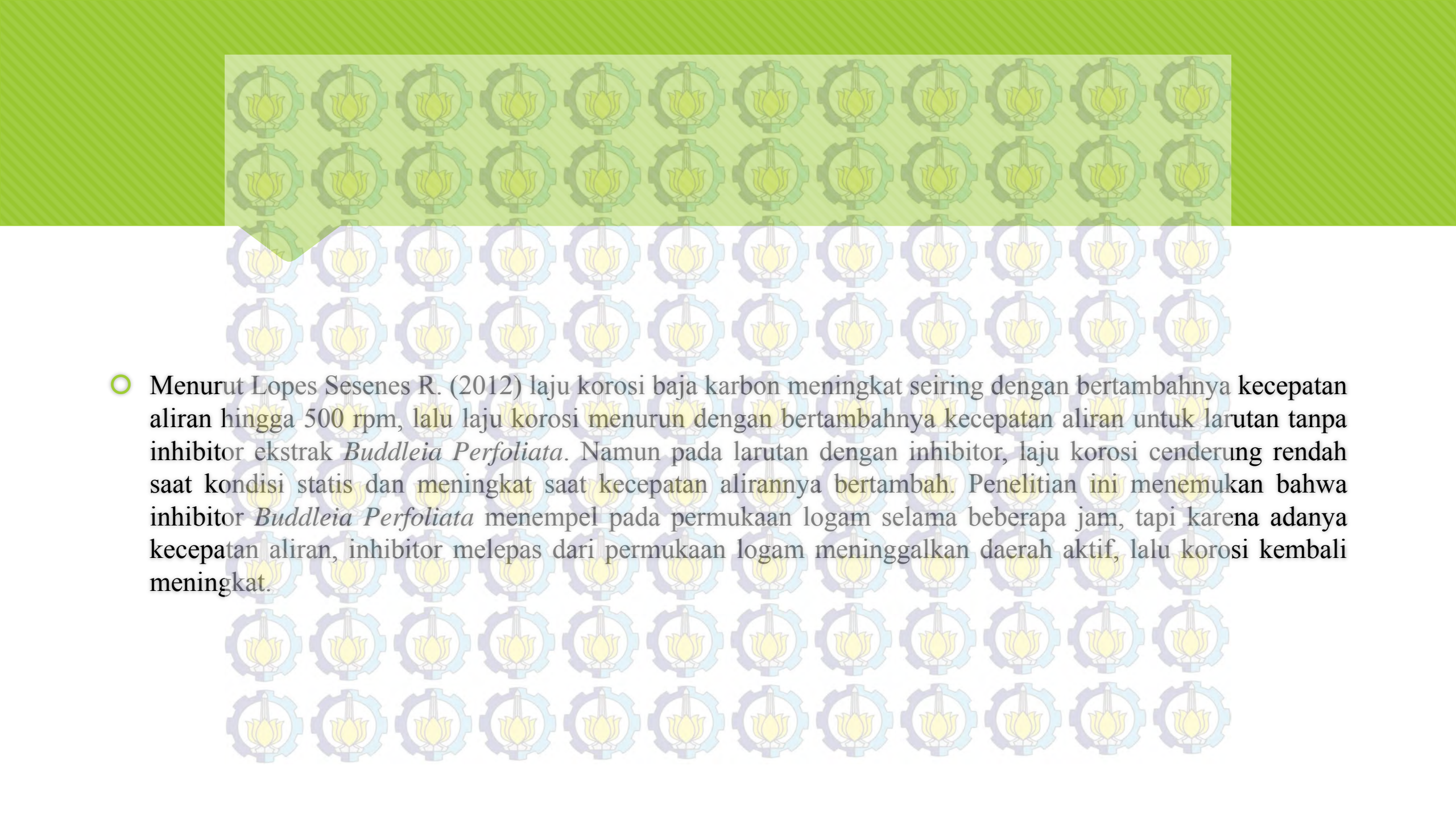
- Menganalisa pengaruh kecepatan aliran dan konsentrasi inhibitor obat parasetamol terhadap perilaku korosi baja karbon API 5L grade B di lingkungan asam pH 5
- Menganalisa mekanisme inhibisi obat parasetamol terhadap perilaku korosi baja karbon rendah API 5L Grade B dengan kecepatan aliran dan konsentrasi inhibitor di lingkungan asam pH 5

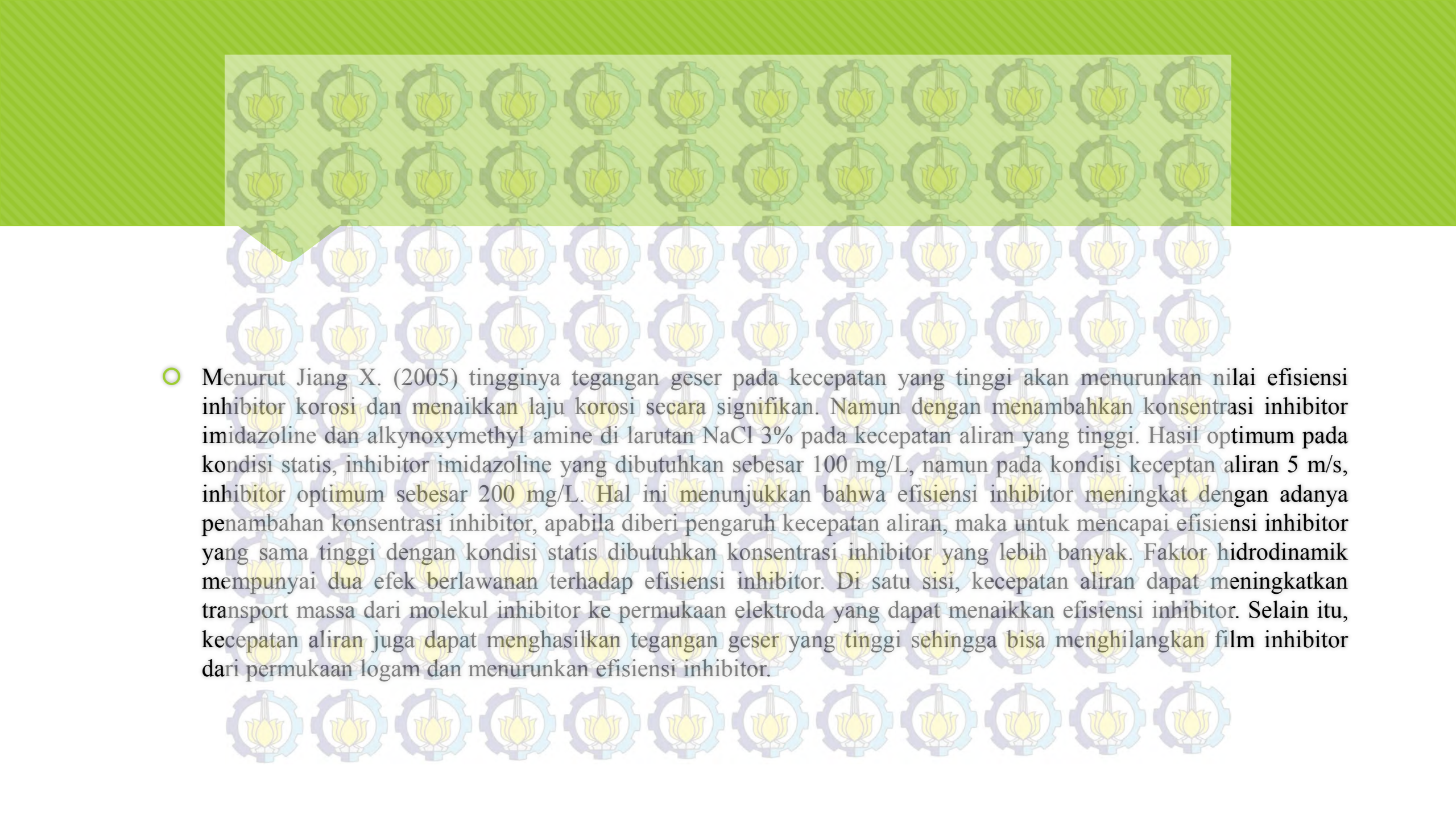




Tinjauan Pustaka

- 
- Vaszilcsin N., *et. al.* (2012) menjelaskan bahwa obat parasetamol dengan kandungan N-acetyl-4-aminofenol dan obat carbamazepine efektif dijadikan inhibitor dengan menurunkan nilai laju korosi. Penelitian ini dilakukan pada baja karbon. Pemakaian inhibitor ini dapat menurunkan nilai laju korosi 0.73 mm/year tanpa penambahan inhibitor menjadi 0.11 mm/year setelah ditambahkan inhibitor pada larutan elektrolit $0.1 \text{ mol L}^{-1} \text{ H}_2\text{SO}_4$ dan $0.25 \text{ mol L}^{-1} \text{ acetic acid}$ – $0.25 \text{ mol L}^{-1} \text{ sodium acetate}$. Dengan demikian, efisiensi inhibitor parasetamol untuk menghambat laju korosi sebesar 85% pada asam lemah, sedangkan pada obat carbamazepine mampu menurunkan laju korosi dengan efisiensi 90 %.

- 
- Menurut Nwosu (2014), adanya inhibitor ekstrak biji *Piper guineense* menurunkan jumlah pengurangan berat dari paduan alumunium di larutan uji dengan perbedaan waktu pengujian. Pengurangan berat spesimen bertambah dengan meningkatnya rentang waktu pengujian pada setiap konsentrasi inhibitor. Penyebab dari perilaku ini bisa karena adanya pengurangan potensi inhibitor korosi oleh adanya penambahan waktu yang meningkat.

- 
- Menurut Lopes Sesenes R. (2012) laju korosi baja karbon meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan aliran hingga 500 rpm, lalu laju korosi menurun dengan bertambahnya kecepatan aliran untuk larutan tanpa inhibitor ekstrak *Buddleia Perfoliata*. Namun pada larutan dengan inhibitor, laju korosi cenderung rendah saat kondisi statis dan meningkat saat kecepatannya bertambah. Penelitian ini menemukan bahwa inhibitor *Buddleia Perfoliata* menempel pada permukaan logam selama beberapa jam, tapi karena adanya kecepatan aliran, inhibitor melepas dari permukaan logam meninggalkan daerah aktif, lalu korosi kembali meningkat.

- 
- 
- Menurut Jiang X. (2005) tingginya tegangan geser pada kecepatan yang tinggi akan menurunkan nilai efisiensi inhibitor korosi dan menaikkan laju korosi secara signifikan. Namun dengan menambahkan konsentrasi inhibitor imidazoline dan alkynoxymethyl amine di larutan NaCl 3% pada kecepatan aliran yang tinggi. Hasil optimum pada kondisi statis, inhibitor imidazoline yang dibutuhkan sebesar 100 mg/L, namun pada kondisi kecepatan aliran 5 m/s, inhibitor optimum sebesar 200 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi inhibitor meningkat dengan adanya penambahan konsentrasi inhibitor, apabila diberi pengaruh kecepatan aliran, maka untuk mencapai efisiensi inhibitor yang sama tinggi dengan kondisi statis dibutuhkan konsentrasi inhibitor yang lebih banyak. Faktor hidrodinamik mempunyai dua efek berlawanan terhadap efisiensi inhibitor. Di satu sisi, kecepatan aliran dapat meningkatkan transport massa dari molekul inhibitor ke permukaan elektroda yang dapat menaikkan efisiensi inhibitor. Selain itu, kecepatan aliran juga dapat menghasilkan tegangan geser yang tinggi sehingga bisa menghilangkan film inhibitor dari permukaan logam dan menurunkan efisiensi inhibitor.
- 

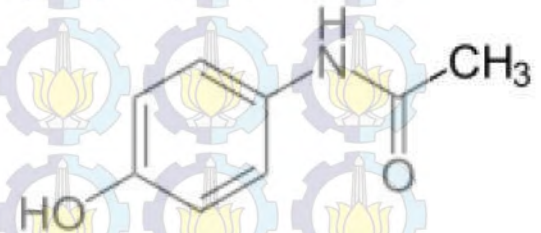
Inhibitor

○ Menurut Jenis inhibitorynya, terdapat dua jenis :

- Inhibitor Inorganik
- Inhibitor Organik

Inhibitor Obat Parasetamol

- Mengandung senyawa (N-(4-hydroxyphenyl)acetamide) sebagai antioksidan.

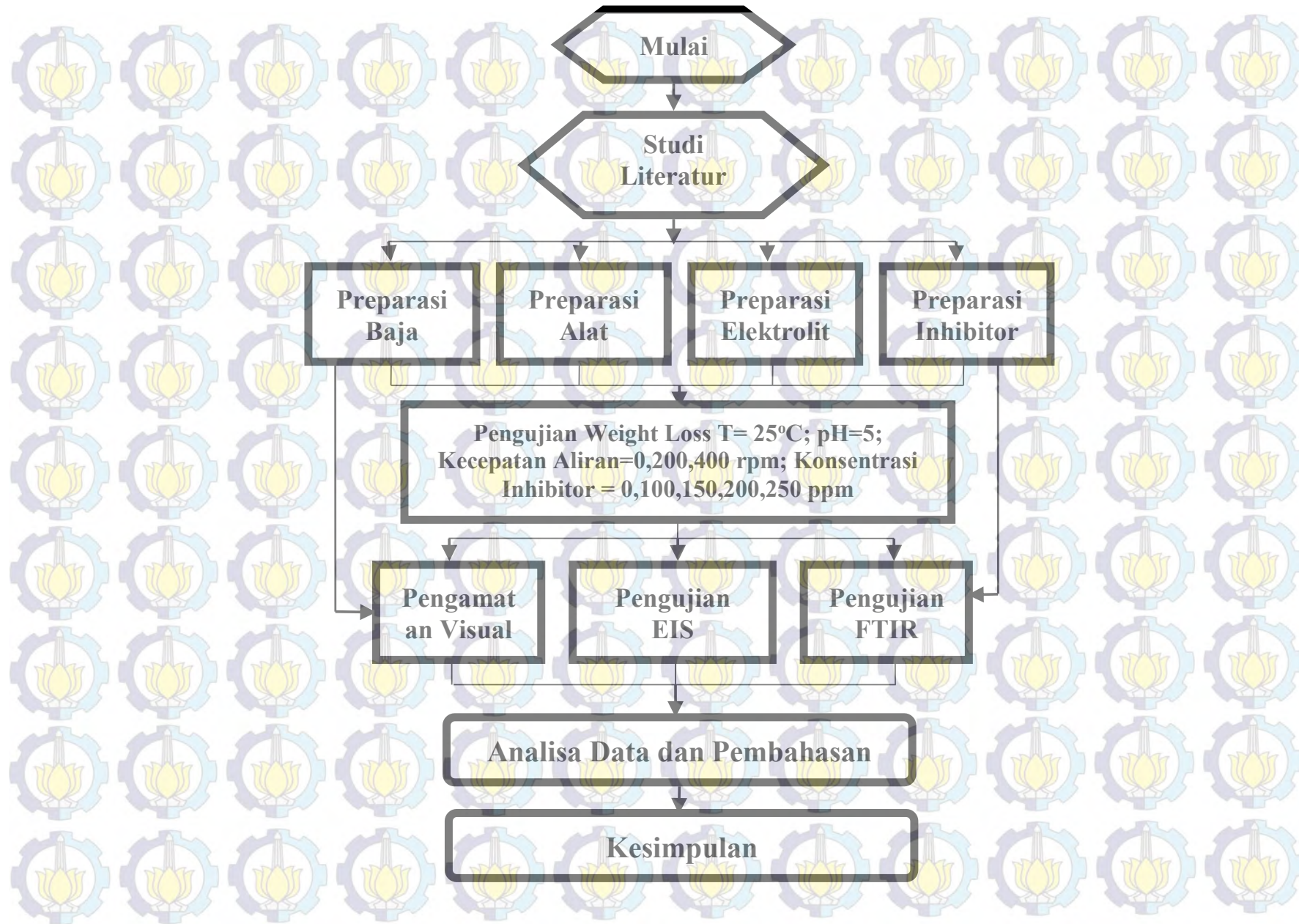


Perhitungan Efisiensi Inhibitor

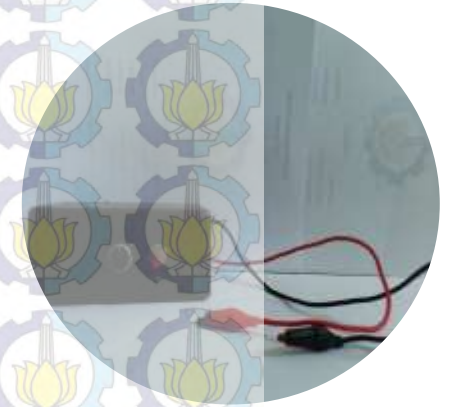
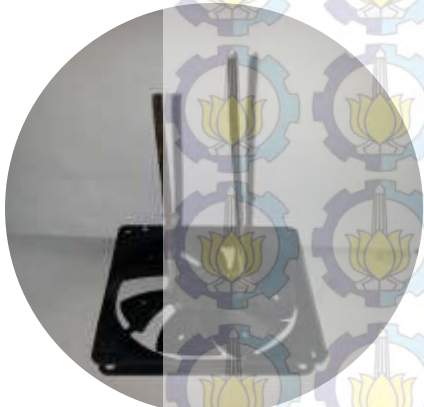
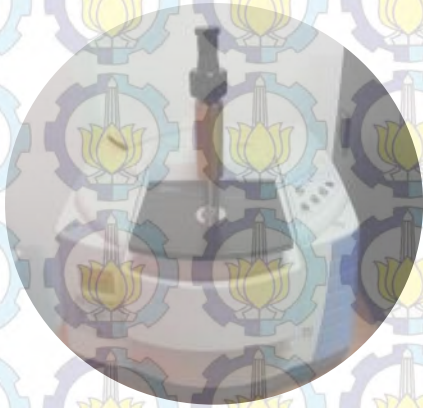
- Dimana $CR_{uninhibited}$ = laju korosi tanpa inhibitor
 $CR_{inhibited}$ = laju korosi dengan inhibitor
- $$Efficiency\ Inhibitor = \frac{CR_{uninhibited} - CR_{inhibited}}{CR_{uninhibited}} \times 100\%$$



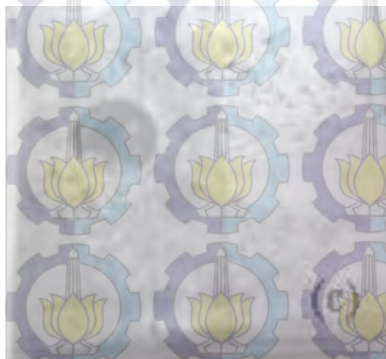
Metodologi Penelitian



Alat Penelitian



Bahan Penelitian



Pengujian

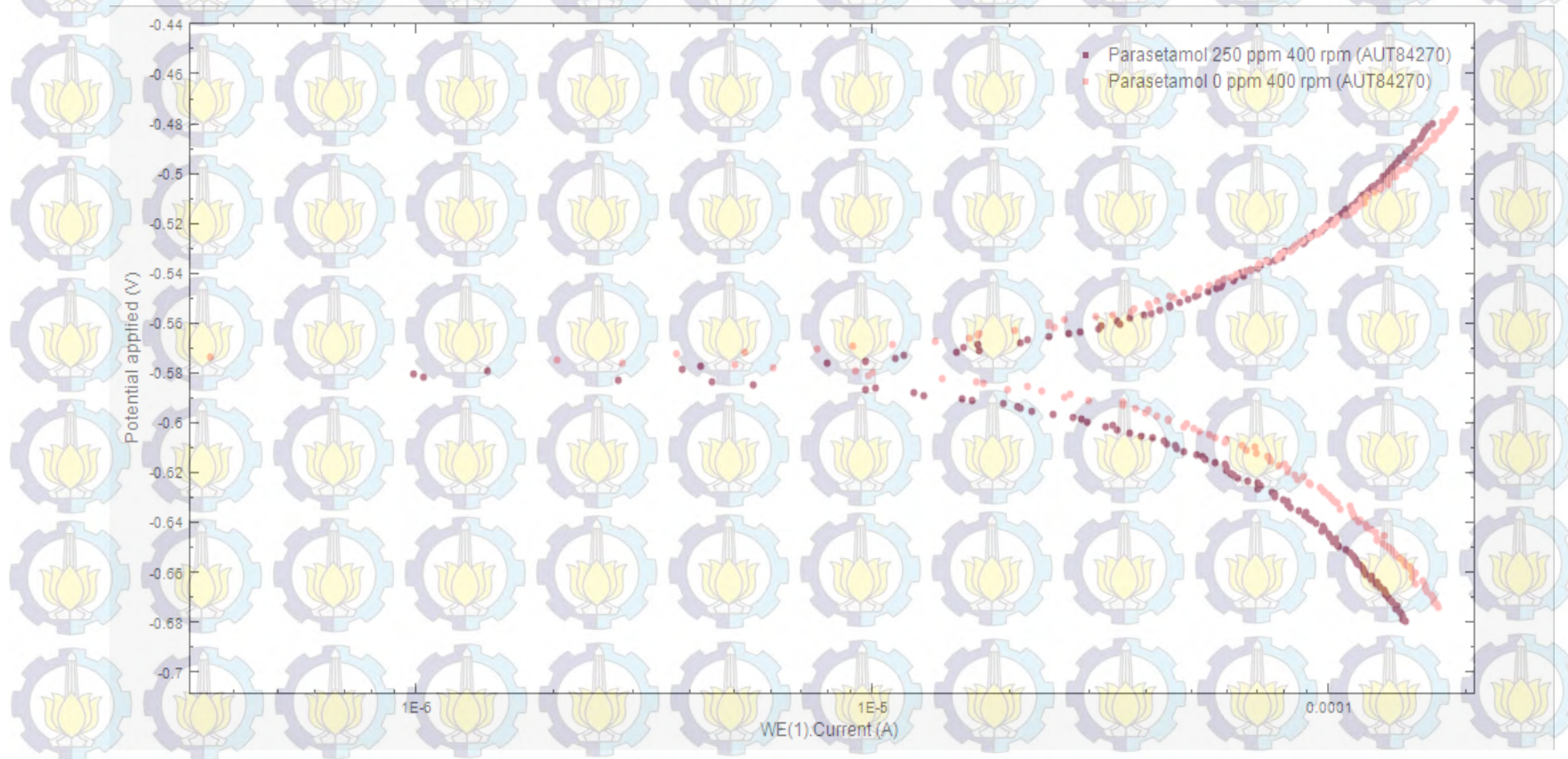


Kecepatan Alir (rpm)	Konsentrasi Inhibitor (ppm)	Waktu (Hari)	W _o (gr)	W _a (gr)	Laju Korosi (mpy)	Efisiensi Inhibitor (%)								
0	0	10												
		20												
		30												
	100	10												
		20												
		30												
	150	10												
		20												
		30												
	200	10												
		20												
		30												
	250	10												
		20												
		30												
200	0	10						Medium	Inhibitor (ppm)	Pengujian	R _s (Ω.cm ²)	C _{dl} (F.cm ²)	R _{ct} (Ω.cm ²)	
		20												
		30												
	100	10						Parasetamol dalam lingkungan asam pH 5	0					
		20												
		30												
	150	10							250					
		20												
		30												
	200	10												
		20												
		30												
	250	10												
		20												
		30												
400	0	10												
		20												
		30												
	100	10												
		20												
		30												
	150	10												
		20												
		30												
	200	10												
		20												
		30												
	250	10												
		20												
		30												

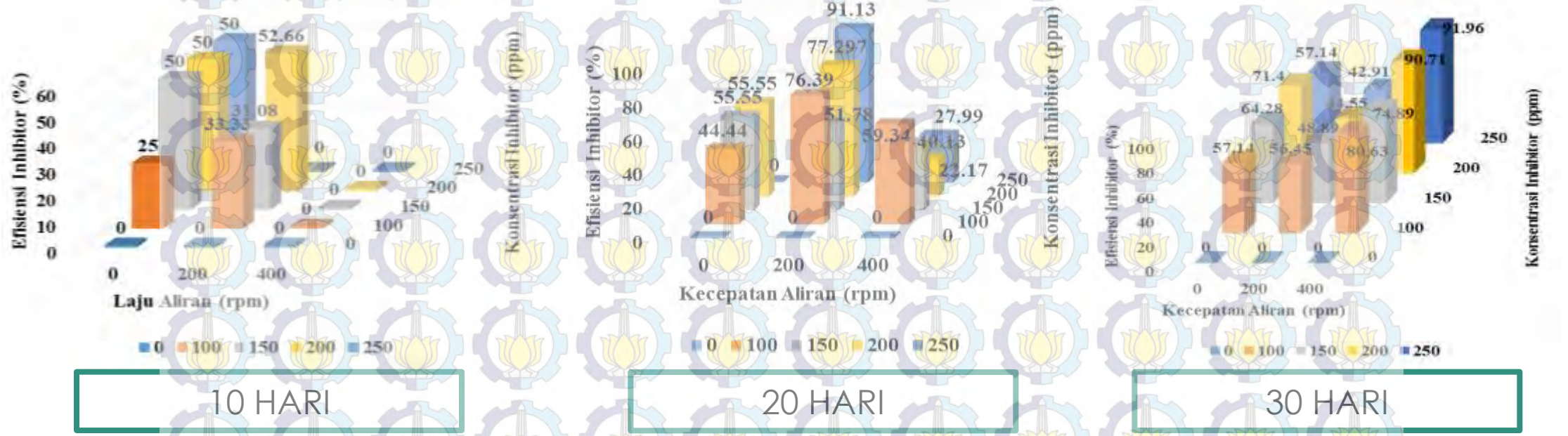


Hasil Penelitian dan Pembahasan

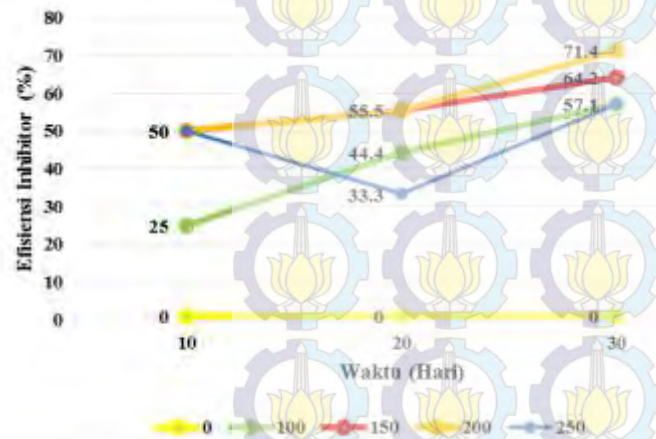
Pengujian Tafel



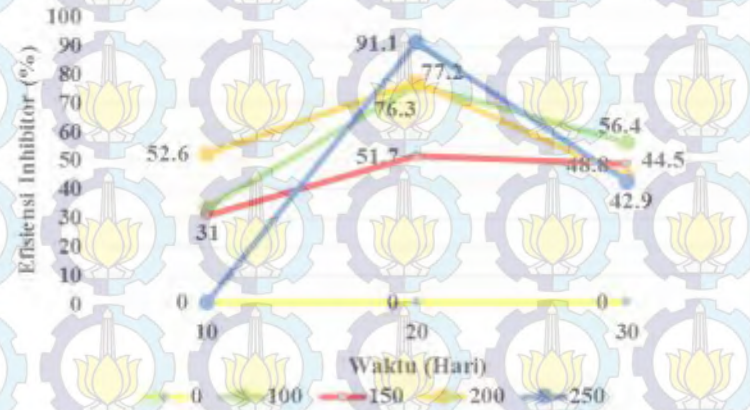
Pengujian Weight Loss



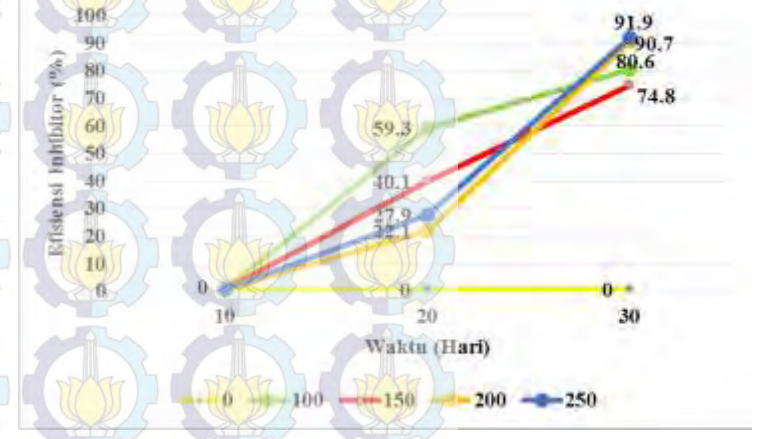
Pengujian Weight Loss



0 RPM

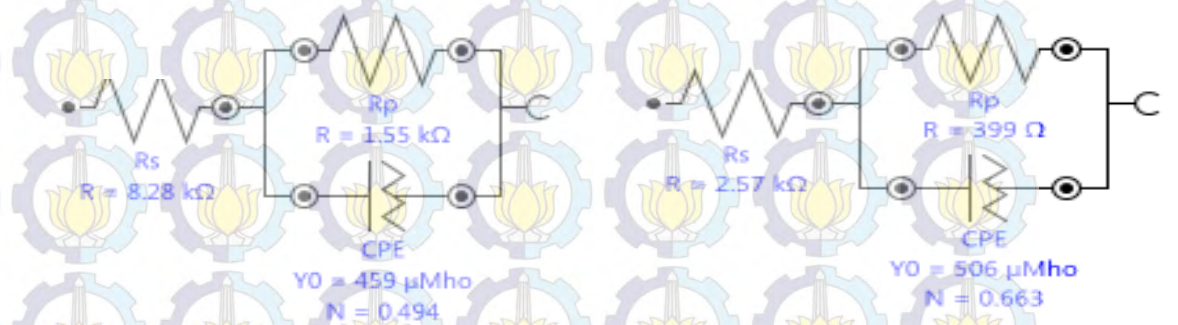
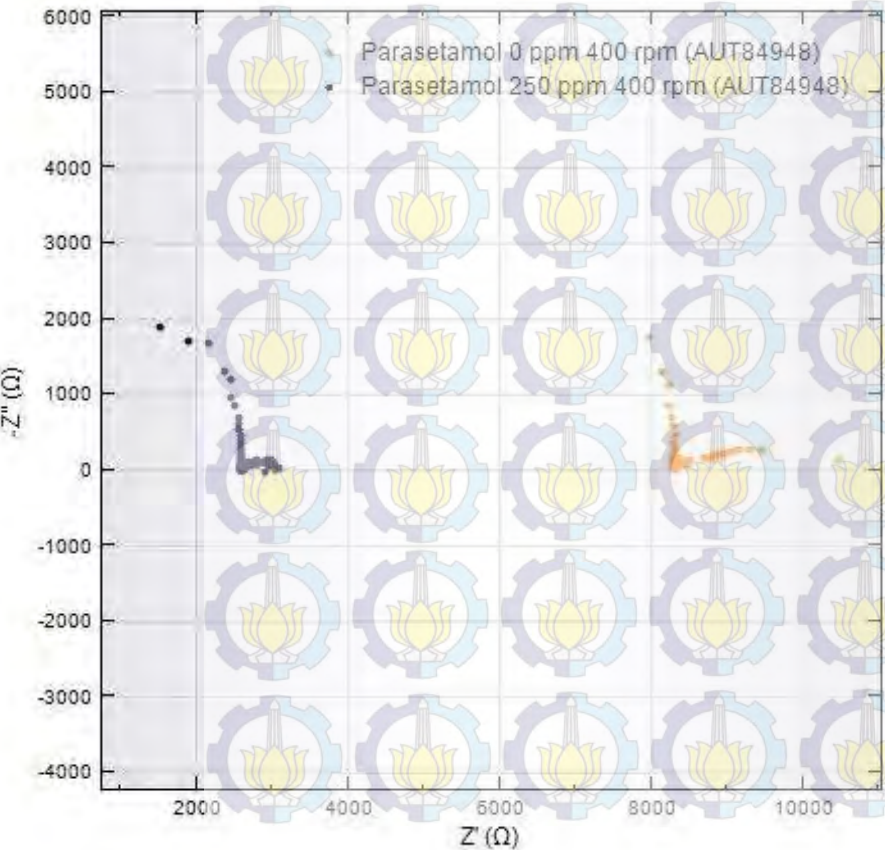


200 RPM



400 RPM

Pengujian EIS



Medium	Inhibitor (ppm)	R_s (k Ω .cm ²)	CPE (N)	CPE Y (μMho)	R_p (k Ω .cm ²)
Parasetamol dalam lingkungan asam pH 5	0	8.28	0.494	459	1.55
	250	2.57	0.663	506	399

Pengamatan secara Visual



Pengujian FTIR

No.	Wavelength (cm ⁻¹)	Daerah Wavelength (cm ⁻¹)	Tipe	Gugus Fungsional
1.	1038.02	1075 - 1010	Alcohol and Phenols, Primary C - O - H	C-OH str.
2.	1078.79	1150 - 1070	Aliphatic ethers	R - O - R str.
3.	1135.04			
4.	1418.71	1430 - 1400	Ketones, esters, α-methylene C - H sensor	C - H def.
5.	1515.03	1570 - 1515	Sec. acyclic amides, amide II band, combination NH def, and CN str.	NH ₃ ⁺ def.
6.	1652.73	1660 - 1610	Amino	NH ₂
7.	3265.25	3400 - 3230	Phenolic O - H	O - H str.

Perhitungan Adsorpsi Isothermal

$$K_{ads} = \frac{\theta}{C(1-\theta)}$$

$$K_{ads} = \frac{0.91}{250(1-0.91)}$$

$$K_{ads} = 0.404$$

$$\Delta G^{\circ}_{ads} = -RT \ln(55.5 \times K_{ads})$$

$$\Delta G^{\circ}_{ads} = -8.314 \frac{J}{mol \cdot K} \times 298 \, K \ln(55.5 \times 0.404)$$

$$\Delta G^{\circ}_{ads} = -7705,35 \frac{J}{mol}$$

$$\Delta G^{\circ}_{ads} = -7.7 \frac{kJ}{mol}$$



Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

- Inhibitor obat parasetamol mampu menghambat laju korosi pada baja API 5L grade B di lingkungan asam pH 5 dengan pengaruh kecepatan aliran dan konsentrasi inhibitor. Dibuktikan dengan hasil pengujian *weight loss*. Hasil yang didapatkan berupa nilai efisiensi inhibitor parasetamol sebesar 91.96% pada kondisi kecepatan aliran 400 rpm dan konsentrasi inhibitor 250 ppm.
- Mekanisme inhibisi obat parasetamol adalah bersifat fisisorpsi, dibuktikan dengan hasil perhitungan adsorpsi isothermal Langmuir yang berada di rentang -20 kJ/mol atau lebih positif yaitu sebesar -7.7 kJ/mol

Saran

- Diperlukan *rotating electrode* untuk pengujian EIS supaya hasil pengujian yang diperoleh tidak mendapat banyak *noise*.
- Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk memperoleh titik maksimum kecepatan aliran yang dilakukan untuk inhibitor obat parasetamol dapat bekerja.